

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1916-1917. — N° 35

ÉTUDE CRITIQUE
SUR
LA VALEUR ALIMENTAIRE
DU PAIN

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 25 Juin 1917

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Henri RIVOIRE

Né le 1^{er} juillet 1887, à Lyon (Rhône).



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
Juin 1917

ÉTUDE CRITIQUE

SUR

LA VALEUR ALIMENTAIRE

DU PAIN

PERSONNEL DE LA FACULTE

MM. HUGOUNENQ DOYEN.
X... ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, SOULIER, CAZENEUVE, LÉPINE, PIERRET,
BEAUVISAGE, LACASSAGNE

PROFESSEURS

Cliniques médicales	{	MM. TEISSIER
Cliniques chirurgicales		ROQUE
Clinique obstétricale et Accouchements		BARD
Clinique ophtalmologique	{	TIXIER
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		BÉRARD
Clinique des maladies nerveuses et mentales		FABRE
Clinique des maladies des enfants		ROLLET
Clinique des maladies des femmes		NICOLAS
Physique médicale		LÉPINE (J.)
Chimie biologique		WEILL
Chimie organique et Toxicologie		POLLOSSON (A.)
Matière médicale et Botanique		CLUZET
Parasitologie et Histoire naturelle médicale		HUGOUNENQ
Anatomie		MOREL
Anatomie générale et Histologie		MOREAU
Physiologie		GUIART
Pathologie interne		TESTUT
Pathologie et Thérapeutiques générales		RENAUT
Anatomie pathologique		MORAT
Médecine opératoire		COLLET
Médecine expérimentale et comparée		LESIEUR
Médecine légale		PAVIOT
Hygiène		POLLOSSON (M.)
Thérapeutique		X...
Pharmacologie		ETIENNE MARTIN
		COURMONT (J.)
		PIC
		FLORENCE

PROFESSEURS ADJOINTS

Physiologie, cours complémentaire	MM. DOYON
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS
Pathologie externe	VALLAS
Maladies des voies urinaires	ROCHET

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Chimie minérale	MM. BARRAL,	agrégé
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN	—
Chirurgie infantile	NOVE-JOSSERAND,	—
Accouchements	COMMANDEUR,	—
Embryologie	LATARJET,	—
Anatomie topographique	PATEL,	—
Botanique	BRETIN	—
Chirurgie expérimentale	VILLARD,	—
Clinique infantile	MOURIQUAND,	—
Déontologie et médecine professionnelle	X...	—

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BARRAL	LATARJET	MOURIQUAND	FROMENT
COMMANDEUR	BRETIN	ARLOING (F.)	THÉVENOT (Lucien)
NEVEU-LEMAIRE	LERICHE	GUILLEMARD	PIÉRY
LAROYENNE	THÉVENOT (Léon)	POLICARD	COTTE
VORON	TAVERNIER	GARIN	DUROUX
NOGIER	CADE	SAVY	

M. BAYLE, secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. WEILL, *Président*; COLLET, *Assesseur*;
MM. MOREL, *Professeur*, et ARLOING, *Agrégé*.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1916-1917. — N° 35

ÉTUDE CRITIQUE

SUR

LA VALEUR ALIMENTAIRE
DU PAIN

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 25 Juin 1917

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Henri RIVOIRE

Né le 1^{er} juillet 1887, à Lyon (Rhône).



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
Juin 1917

A MON PÈRE

A MA MÈRE

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MES MAÎTRES DANS LES HOPITAUX

A MONSIEUR LE PROFESSEUR WEILL

Qui a bien voulu s'intéresser à notre travail et auprès duquel nous avons toujours trouvé de bienveillants conseils. Nous le prions de trouver ici l'expression de notre plus respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR-AGRÉGÉ
MOURIQUAND

Médecin des Hôpitaux.

Qui fut toujours pour nous un maître excellent. Nous regrettons vivement de ne pas pouvoir lui faire juger ce travail, dont il nous a inspiré l'idée, mais nous lui adressons ici nos sentiments de plus vive gratitude.

ÉTUDE CRITIQUE
SUR
LA VALEUR ALIMENTAIRE
DU PAIN

INTRODUCTION

S'il est une question qui, de tout temps et à juste titre a passionné l'opinion publique et les gouvernants, c'est bien celle de l'alimentation en pain. A toutes les époques, nous voyons les famines décimer l'humanité, et Rome, pour nourrir sa plèbe indolente, avait construit des flottes entières de transports et transformé en champs de céréales l'Afrique du Nord.

Depuis près d'un siècle cependant, et en Europe tout au moins, cette préoccupation avait cessé d'exister. Les moyens de transports, de plus en plus faciles et nombreux, joints à la mise en culture des immenses plaines fertiles de l'Australie, de l'Inde ou du Nouveau Monde, semblaient assurer à l'homme son pain quotidien. Une mauvaise récolte venait-elle à se produire dans un pays, aussitôt les échelles de tarifs douaniers entraient en jeu et les variations de prix restaient toujours insignifiantes.

La sécurité était même si complète que de grandes nations, comme l'Allemagne et surtout l'Angleterre, en étaient arrivées, presque de parti pris, à négliger totalement l'agriculture, pour ne plus se consacrer qu'au commerce et à l'industrie.

Dans ce domaine, comme dans bien d'autres, hélas ! la guerre actuelle a agi comme un coup de foudre. Tous les événements se sont coalisés, semble-t-il, pour contrecarrer l'approvisionnement de l'humanité en céréales alimentaires. Pénurie de main-d'œuvre, cherté des engrais, difficultés des transports de tous genres, mauvaises récoltes générales, augmentation universelle des besoins, tout ceci réuni fait que, à l'heure présente, la question du pain est l'une des plus angoissantes, non seulement dans les empires centraux soumis au blocus, mais chez les autres belligérants, qui avaient jusqu'à maintenant pu s'approvisionner assez aisément.

Et pourtant, l'importance sociale et économique de cette question est d'une évidence frappante. On saura, un jour, de quel poids a pesé dans la balance de nos destinées le jeûne obligatoire infligé aux populations allemandes. Si une place assiégée, comme ce fut le cas à Paris en 1870-1871, peut, sous l'action de la fièvre patriotique, supporter des privations extrêmes, ce n'est qu'aux dépens de la santé physique et morale des habitants. La mortalité énorme d'abord, la Commune ensuite furent la rançon de cette disette collective.

Et cependant, si toutes les populations se nourrissent de céréales, ce n'est que dans les races

aryennes ou leurs dérivés que le pain est devenu d'un usage tellement répandu, qu'il constitue le type même de l'aliment. Notons pourtant que son emploi est sujet à des variations assez considérables, suivant la nation et le climat. C'est ainsi que le Français ou le Belge en consomment beaucoup plus que l'Allemand, par exemple. Ces différences tendent peu à peu à s'atténuer et l'on peut dire, d'une façon générale, qu'au moins dans nos climats un peuple consomme d'autant plus de pain qu'il arrive à un degré de civilisation supérieure.

Le pain est-il donc un aliment complet ? Non, sans doute ; mais ses éléments constitutifs, les graisses mises à part, sont tels qu'ils peuvent subvenir à tous les besoins de l'organisme, envisagés d'une façon globale. Le gluten représente les albuminoïdes ; l'amidon donne les hydrates de carbone ; les sels, et en particulier les phosphates y abondent. Bref, le pain est en effet l'aliment par excellence, stimulant énergétique de la croissance, aliment réparateur et d'épargne à la fois. Sa valeur en calories est considérable, sa digestibilité facile, et, à tous ces points de vue, physiologistes et biologistes ne peuvent que le recommander.

Cependant, depuis très peu de temps, les vieilles théories énergétiques ne sont plus universellement adoptées. Des expériences nouvelles, créatrices de théories vraiment révolutionnaires, viennent jeter un doute sur toutes nos connaissances antérieures de biologie physiologique. L'étude de la carence alimentaire, état de dénutrition essentiellement différent de l'inanition

pure, nous fait voir que l'échelle de pouvoir nutritif généralement adoptée pour les différents aliments ne correspond pas entièrement à la réalité.

C'est à ce point de vue que nous allons nous placer au cours de cette étude et c'est dans ses rapports avec la carence alimentaire que nous examinerons la valeur nutritive du pain.

PREMIÈRE PARTIE

LA CARENCE ALIMENTAIRE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE ET GÉNÉRALITÉS

Au cours de ce chapitre d'ensemble, indispensable pour pouvoir étudier utilement la valeur alimentaire du pain, nous allons résumer brièvement nos connaissances actuelles sur la carence, son mode d'apparition, et enfin son substratum chimique. Nous serons, du reste, aussi brefs que possible sur ce sujet, nous bornant à renvoyer le lecteur à la thèse de Paul Michel, qui constitue une revue générale de la question et à laquelle, du reste, nous ferons des emprunts répétés. C'est à cet ouvrage, disons-le de suite, qu'il faudra se reporter chaque fois qu'un point particulier paraîtra mériter un éclaircissement spécial.

La carence alimentaire peut être considérée comme une inanition partielle, élective et strictement localisée à certains éléments essentiels à la vie.

Ces éléments, soupçonnés depuis longtemps, à

existence démontrée il y a quelques années, n'ont cependant été découverts que depuis peu de temps, et cela d'une façon presque simultanée à la fois en Angleterre et au Japon. C'est en étudiant l'étiologie et la prophylaxie d'une affection exotique, restée longtemps mystérieuse, le béribéri, que la lumière s'est faite peu à peu sur ce sujet.

Le béribéri humain, nous le savons, a pour substratum anatomo-pathologique une polynévrite à prédominance, tantôt sympathique et tantôt médullaire, d'où les deux formes cliniques principales de la maladie : hydrémique avec anasarque, sèche avec paralysies et atrophies.

Eijkmann, à Batavia, observa sur les poules de son laboratoire une affection un peu analogue, qu'il caractérisa d'un terme vague, *polyneuritis gallinarum*, ou polynévrite des poules. A la suite de recherches multipliées, il put arriver à prouver que seul l'usage trop prolongé du riz blanc ou décortiqué, dans l'alimentation de sa basse-cour, entraînait dans un laps de temps variable mais assez faible, l'apparition de cette polynévrite. Quant au mécanisme de cette action, il resta mystérieux pour un grand nombre d'auteurs, qui reprirent ces recherches.

Cependant, Eijkmann et Vordermann, en compulsant les statistiques du Gouvernement de Java, purent montrer que le béribéri était, dans les prisons, en rapport frappant avec la qualité du riz que l'on y consommait, alors qu'aucune intervention tellurique, météorologique ou autre n'avait d'action, si insignifiante fut-elle.

Le riz décortiqué provoquait donc bien de la polynévrite. Restait à expliquer son mode d'action. Là surgirent d'innombrables difficultés de tous genres, qu'il est inutile de rappeler ici. Disons seulement que toutes les recherches s'appuyèrent, sinon sur l'expérimentation humaine, comme purent le faire Fraser et Stanton, sur les coolies de Malaisie, mais sur la polynévrite des poules et des pigeons, affection désormais bien connue et susceptible d'être reproduite à volonté.

Fraser et Stanton furent les premiers à pouvoir guérir cette polynévrite à l'aide d'un extrait alcoolique de son de riz, ne contenant que des traces infinitésimales de graisses, d'azote et de phosphore. Ces éléments si importants dans la constitution chimique du tissu nerveux n'intervenaient donc pas dans sa nutrition.

Suzuki, Shimamura et Otake, allèrent plus loin et purent, après un grand nombre de réactions chimiques d'une minutie extrême, arriver à isoler un picrate d'une base, qu'ils appelèrent l'oryzanine, mais qu'ils ne purent différencier complètement.

Funk fut plus heureux et, par des procédés voisins parvint à mettre en lumière un corps quaternaire, cristallisé en aiguilles, fusible à 233 degrés et doué d'un pouvoir curatif extraordinaire sur la polynévrite des oiseaux. Ce corps, à qui il a donné le nom générique de vitamines, était tiré lui aussi du son de riz. Ultérieurement il put déceler d'autres substances, sinon identiques, au moins très voisines dans la levure de bière, la cervelle de bœuf, le lime-juice, etc.

Si l'isolement chimique de ces vitamines, ou pour

employer une expression moins précise, et qui sera dorénavant la nôtre, de ces substances-ferments est hérissé de difficultés telles que leur étude en est singulièrement compliquée, la physiologie expérimentale, en revanche, nous permet de la poursuivre beaucoup plus aisément.

C'est ainsi qu'on a pu étudier point par point le mode d'action de ces substances sur la nutrition générale et sur celle du système nerveux. Il ne s'agit point d'infection ni d'intoxication, mais leur absence provoque une dénutrition des éléments nerveux qui vont s'atrophiant peu à peu et dont l'altération essentielle précède souvent de beaucoup l'apparition des premiers symptômes de déficience.

Ces substances-ferments, en raison précisément de la dose infinitésimale à laquelle leur action se manifeste, n'agissent donc pas comme des aliments. On peut plutôt les assimiler à de véritables ferments tenant sous leur dépendance toute la nutrition des éléments nerveux.

Là ne se borne pas du reste leur action. Funk, en collaboration avec Count-Erwin, von Schönborn d'une part, et Mackenzie Douglas de l'autre, ont pu montrer leur importance primordiale dans le métabolisme des hydrates de carbone et jusque dans le fonctionnement de ces tissus si hautement différenciés réunis sous le nom générique de glandes à sécrétion interne. Il n'entre pas dans notre cadre de nous étendre davantage sur ces recherches si intéressantes, mais encore remplies d'obscurités. C'est là affaire de science pure et, au cours de ce travail, nous chercherons à établir

quelques données pratiques et d'importance immédiate pour l'alimentation humaine.

Si maintenant du domaine de la physiologie et de la médecine expérimentale nous arrivons aux applications pathologiques susceptibles de découler de ces idées nouvelles, nous nous heurtons aussitôt à d'autres difficultés. Là encore, sans vouloir les préciser davantage, hâtons-nous de dire quelques mots sur le rôle que paraissent bien jouer ces substances-ferments dans un processus normal de croissance et ensuite dans une série d'affections disparates au premier abord, mais que Funk semble bien avoir réussi à classer sous une nouvelle dénomination, les avitaminoses.

Hopkins, le premier, a observé que la croissance des jeunes rats s'arrêtait complètement quand ces animaux étaient mis à un régime d'aliments synthétiques chimiquement purs. Y ajoutait-on 2 ou 3 centimètres cubes de lait *pro die*, aussitôt le développement redevenait entièrement normal. Funk a généralisé cela et a pu garder pendant un mois de jeunes poussins en en faisant de véritables nains. Une nourriture exclusive au riz était la cause de ce phénomène.

Quant à ces affections diverses, ici encore toute une série de points mal connus mériteraient des confirmations et des précisions. Dans l'état actuel de nos connaissances, on peut cependant dire que le scorbut et le béribéri résultent essentiellement d'une nourriture suffisante par elle-même en calories et en éléments chimiques généraux, mais privée de ces

substances-ferments. La pellagre semble bien avoir une origine identique, mais ceci est encore loin d'être généralement admis.

Quant à d'autres maladies, telles que la sprue, le rachitisme, l'ostéomalacie, la spasmophilie, ce ne sont pour le moment que des hypothèses plausibles sans doute, mais manquant encore tout à fait de preuves absolument convaincantes.

Au surplus, nous ne pouvons espérer sur ces questions si intéressantes des progrès rapides. L'expérimentation humaine, possible pour le béribéri, ne l'est plus pour les autres avitaminoses. Quant aux animaux, une grosse difficulté résulte du fait qu'il est malaisé de les nourrir d'une manière scientifiquement rigoureuse. En outre, la carence ne revêt pas chez eux un aspect unique; ses manifestations sont au contraire essentiellement polymorphes. Tandis que les oiseaux réagissent par de la polynévrite à type béribérique, les mammifères présentent surtout des phénomènes scorbutiques. Seul l'homme a le privilège de pouvoir présenter ces deux affections à la suite de conditions étiologiques voisines.

Au cours de toutes ces expériences, on commence toujours par altérer d'une façon ou de l'autre ces substances-ferments. Nous verrons tout à l'heure où elles se trouvent et comment l'on procède pour les éliminer. Auparavant cependant, nous allons nous arrêter sur un point particulier, qui, dans le sujet qui nous occupe, mérite de nous retenir plus longuement. C'est l'homologue en médecine expérimentale de la polynévrite d'Eijkmann. Nous voulons parler du

scorbut expérimental d'Holst et Fröhlich, affection étudiée sur les cobayes, mais qui présente de nombreux points communs avec les troubles que nous avons provoqués chez le lapin au cours de nos expériences personnelles.

CHAPITRE II

LE SCORBUT EXPÉRIMENTAL D'HOLST ET FRÖHLICH

A côté du scorbut et du béribéri, trop connu des marins au long cours, on voyait parfois apparaître une troisième affection aux caractères intermédiaires entre les deux précédentes. Longtemps on avait incriminé, là aussi, une nourriture insuffisante ou avariée. Les armateurs norvégiens avaient même tenté d'y remédier en introduisant la farine de froment dans la ration de leurs équipages. Cette mesure fut suivie d'un résultat véritablement paradoxal. Les atteintes de cette troisième maladie, appelée faute de mieux « Schiffs béribéri ou béribéri des vaisseaux », devinrent de plus en plus fréquentes et de plus en plus graves.

Holst et Fröhlich, médecins attachés au Bureau d'Hygiène de Christiania, furent chargés d'une enquête officielle sur ces faits. Pour les éclaircir, ils se livrèrent à des recherches expérimentales et ils furent amenés à nourrir des cobayes exclusivement avec diverses graines de céréales complètes et avec leurs gruaux correspondants.

Contrairement à ce qu'Eijkmann avait montré avec

le riz sur les poules, les résultats furent sensiblement identiques et, en moins d'un mois, tous les animaux en expérience présentèrent des phénomènes de dénutrition qui aboutirent à la mort par cachexie, au milieu d'un amaigrissement considérable. Les principaux symptômes consistèrent en hémorragies, hématomes variés, gingivite avec expulsion des dents, chute des poils, etc. A l'autopsie, outre ceci, on constatait une grande prédominance des troubles sur le squelette. La moelle et les épiphyses étaient rouges et congestionnées, le tissu osseux était raréfié à un tel degré, qu'en maints endroits le périoste seul réunissait encore les fragments. Il s'agissait de véritables fractures spontanées prédominantes au voisinage des cartilages de conjugaison. Bref, ces troubles réalisaient pleinement le tableau anatomo-clinique du scorbut ou mieux encore de la maladie de Barlow. Insistons sur ce point particulier de l'inutilité de la présence des enveloppes de la graine pour prévenir le développement de ces troubles. C'est là un fait d'importance extrême, sur lequel il nous faudra revenir en détails plus loin.

Toutes les graines de céréales donnaient donc le scorbut aux cobayes. Avaient-elles subi au préalable un début de germination, non seulement elles cessaient d'être nocives, mais devenaient même l'un des moyens les plus sûrs de prévenir l'apparition de ces troubles. Tout se passait donc comme si la germination décomposait ou, plus exactement, transformait une substance jusqu'alors inactive en une autre douée de propriétés toutes nouvelles.

Enfin, telle n'était pas la seule cause du scorbut

expérimental. Des aliments excellents, comme la pomme de terre, perdaient toutes leurs propriétés, quand ils étaient soumis au préalable à une température de 110 degrés.

Déjà Grijns avait observé ce fait, mais Holst et Fröhlich montrèrent qu'à 103 ou 104 degrés des troubles pouvaient survenir, quoique d'une façon beaucoup plus irrégulière.

A l'aide de ce réactif expérimental comparable à celui d'Eijkmann, les auteurs norvégiens étudièrent l'action préventive de différents aliments. Celle-ci se manifesta surtout avec les carottes, choux et autres légumes frais. En revanche, l'antidote classique du scorbut, le lime-juice, se montra absolument inefficace. Il est vrai que du jus de citron additionné d'alcool n'est pas un aliment bien indiqué pour le cobaye.

Toujours est-il que ce dernier ne pouvait vivre avec des graines qui contenaient cependant tous les éléments chimiques nécessaires. Il y manquait donc une substance inconnue, analogue à celle qui existe dans la cuticule du grain de riz et qui est préventive du béribéri.

Ici une objection capitale pouvait et fut, du reste, à maintes reprises, soulevée. Tous les cobayes en expérience étaient soumis à un régime d'alimentation rigoureusement exclusive. Ne fallait-il pas y voir une cause puissante de dénutrition, surtout si on rappelait la monotonie des rations données aux marins au cours de leurs longues traversées.

Si Holst et Fröhlich, à notre connaissance, ne

répondirent pas à cela, d'autres auteurs ont publié un grand nombre d'expériences, qui ramènent à sa vraie place la question de l'exclusivité alimentaire.

Funk, en particulier, a montré que, si un régime exclusif pouvait arrêter le développement de jeunes poussins, des poulets adultes ne paraissaient pas en souffrir. Au cours des expériences publiées par Paul Michel dans sa thèse, nous voyons, chez des espèces aussi différentes que le sont des pigeons, des lapins et des chats, une alimentation exclusive ne donner lieu à aucune espèce de trouble, alors que les animaux meurent rapidement avec le même régime, mais carencé au préalable. (Voir thèse de Paul Michel, expériences I à XI.)

Cependant, cet auteur a noté parfois le dégoût et l'inappétence consécutifs à la continuation trop prolongée d'un même aliment. Enfin, comme Funk, il a observé chez des pigeons jeunes, nourris au riz complet stérilisé, la persistance des caractères infantiles (gros bec, vol peu soutenu), alors que l'expérience avait duré cent jours.

En résumé, on peut donc considérer que le régime exclusif, pénible à supporter, entrave bien le développement de l'individu, mais ne peut suffire à lui provoquer les troubles par carence si caractéristiques quand il porte sur un aliment incomplet, n'ayant conservé aucune de ses substances-ferments.

CHAPITRE III

LES SUBSTANCES-FERMENTS. — LEUR RÉPARTITION LEURS ALTÉRATIONS

C'est à dessein que, jusqu'à maintenant, nous n'avons rien dit à propos de la source même de ces substances-ferments. Leur nécessité dans la nutrition des différentes espèces est telle que nous les trouverons largement réparties dans toute la nature. Le tissu musculaire, et principalement le myocarde (Cooper), en contiennent beaucoup. Il en est de même des œufs et du lait, qui doivent fournir la ration indispensable au développement des jeunes sujets. C'est, du reste, à leur absence dans le lait maternel que Vernon Andrews a pu rapporter l'apparition de cette affection curieuse qu'est le bérubéri infantile.

Mais, en dernière analyse, c'est encore dans le règne végétal qu'il faut aller en chercher la véritable origine. Si la provision contenue dans les graines ne suffit pas, nous venons de le voir, aux cobayes, les oiseaux y trouvent tout ce qui leur est indispensable. Mais il semble bien que ces substances-ferments existent surtout dans les tissus chlorophylliens; et il n'est guère d'espèce animale, si carnivore soit-elle, qui n'absorbe de temps à autre quelques feuilles vertes ou quelques brins d'herbe.

C'est à la botanique qu'il faut recourir maintenant, si l'on désire quelques précisions plus grandes sur la localisation exacte de ces substances-ferments dans les tissus végétaux. Alors que dans la plupart de ces derniers, elles paraissent réparties uniformément, la carapace cellulosique de protection mise à part, il n'en est pas de même dans les graines. Formées essentiellement d'un embryon, d'une réserve alimentaire albuminoïde et hydrocarbonée, le tout recouvert et protégé d'une enveloppe plus ou moins résistante, elles présentent de plus à la superficie de l'élément nutritif une zone différenciée, que l'on rencontre plus ou moins nettement chez toutes les espèces. Il s'agit d'une couche de grosses cellules claires logées entre la partie la plus interne de la zone cellulosique et plus ou moins adhérentes à cette dernière.

La séparation de ces éléments est impossible, mais par la décortication des graines, ils suivent le sort de l'enveloppe, et la graine ainsi traitée n'en contient plus que des traces infinitésimales, insuffisantes dorénavant à la nutrition. Voici l'explication des troubles de carence qui provoquent le béribéri ou la polynévrite expérimentale dans le cas particulier du riz.

Nous reviendrons tout à l'heure sur ce sujet en étudiant d'une façon plus approfondie l'anatomie du grain de blé.

Les substances-ferments fournies en si grande abondance par la nature, comment se fait-il qu'elles puissent parfois manquer d'une façon assez prolongée pour donner à l'organisme le temps d'épuiser sa pro-

vision propre et de réagir ensuite par l'une des altérations de la carence ?

Tous les chimistes qui se sont occupés de cette question ont été frappés de leur labilité considérable vis-à-vis des divers agents physiques ou chimiques. En lisant les travaux de Fraser et Stanton, de Funk ou de Suzuki, Shimamura et Otake, nous voyons qu'à chaque réaction chimique le pouvoir curatif du produit obtenu diminue régulièrement, sinon en poids absolu, mais en rapport avec le produit initialement traité. C'est pour cela que les auteurs japonais ne purent extraire qu'une quantité tellement minime de substance active que l'analyse chimique indispensable ne put être pratiquée à l'état pur. Funk a évité cette difficulté en employant une masse énorme de matières premières. 54 kilogrammes de son de riz ne lui donnèrent que quelques centigrammes de substance active cristallisée. 100 kilogrammes de levure de bière sèche et comprimée fournirent 1 gr. 6 d'aiguilles analogues. Et cependant filtrats ou précipités n'étaient abandonnés que lorsqu'ils ne manifestaient aucune propriété curative, si minime fût-elle.

A quoi peut-on rapporter cette fragilité extrême des soudures moléculaires, dont l'ensemble constitue ces substances-ferments ? Il est bien difficile d'y répondre, mais toute la biologie nous apprend qu'il en est de même de tous les corps très actifs, tels que les ferments digestifs, pour n'en citer qu'un exemple. Une fois décomposées et ramenées à des termes plus simples, les vitamines perdent toutes leurs propriétés caractéristiques sur la nutrition.

Dans la pratique, les actions néfastes qui peuvent les altérer sont d'ordres divers et, du reste, leur connaissance en est encore fort incomplète.

Nous n'étudierons ici que quelques-unes d'entre elles; ce seront, du reste, les mieux connues et dont l'application à l'alimentation humaine soulève les problèmes les plus intéressants, spécialement dans la question du pain, que nous allons traiter au cours de cette étude.

Nous pouvons les classer sous trois grandes rubriques, le vieillissement, la chaleur et la décortication. Mais avant d'examiner quels sont les retentissements sur le pain de ces différents processus, il convient de les considérer à part et à un point de vue tout à fait général.

Le vieillissement, tout d'abord, n'a que peu d'action sur les graines intactes, puisqu'on a pu faire germer des grains de blé retrouvés dans les sarcophages de l'ancienne Egypte. Il n'en est pas de même sur les autres substances alimentaires. C'est à des altérations de cet ordre, portant sur le fourrage, que Funk a pu rapporter certaines maladies du bétail, connues dans l'Afrique du Sud sous le nom de *stijfziekte* et de *lamziekte*. La fréquence de la pellagre à la fin de l'hiver et au printemps serait due aussi au vieillissement de la farine de maïs, plus ou moins bien conservée. Paul Michel rapporte aussi des expériences assez concluantes qui démontrent que de la viande de conserve en boîte et ancienne est plus toxique pour les chais que de la viande stérilisée récemment (expérience LXXXVIII).

Du reste, le vieillissement n'agit pas toujours seul. En même temps l'humidité, les altérations cryptogamiques peuvent contribuer à hâter les décompositions moléculaires. C'est ainsi qu'agit probablement le verderame, source de la pellagre, d'après Lombroso.

La chaleur agit de la même façon et cause les mêmes dégâts, mais beaucoup plus rapidement. Holst et Fröhlich, nous le savons, ont observé que les pommes de terre deviennent scorbutigènes pour le cobaye quand elles ont été soumises à une température de 110 degrés. Dans la thèse de Paul Michel, nous retrouvons toute une série d'expériences où la polynévrite est survenue chez des pigeons après chauffage de différentes graines à 120 degrés. Il ne faut pas croire, du reste, que la simple ébullition ne présente aucun danger. Cet auteur a pu provoquer chez le lapin un scorbut expérimental typique avec des aliments frais soumis à une température n'ayant jamais dépassé 100 degrés. Nous allons reproduire ici deux de ses expériences, qui nous établiront un point utile de comparaison avec nos recherches personnelles.

EXPÉRIENCE I (Expérience LXXIV in th. Paul Michel).

Lapin adulte. Poids, 1.790 grammes. Ration quotidienne : *pommes de terre, luzernes et betteraves* (250 grammes de chaque) *bouillies* pendant une heure.

L'accoutumance a été pénible au début et l'appétit très faible. Peu à peu il a mangé sa ration d'une façon constante.

Quarante-troisième jour. — Appétit vorace.

Cinquante et unième jour. — On remplace la luzerne par des *feuilles de choux* soumises à la même ébullition.

Soixante-dix-septième jour. — La ration quotidienne est portée à 900 grammes.

Quatre-vingt-sixième jour. — Bon état général. Poids, 2.730 grammes.

Quatre-vingt-douzième jour. — Amaigrissement progressif sans phénomène particulier.

Quatre-vingt-quatorzième jour. — Le poids est tombé à 2.270 grammes, bien que l'animal continue à manger presque toute sa ration. Mouvements normaux.

Quatre-vingt-quinzième jour. — Le poil est très mouillé. Marche très difficile. Le train de derrière est soudé sans paralysie vraie ni trouble de la sensibilité.

Quatre-vingt-seizième jour. — Pousse des cris violents comme si on le piquait avec une aiguille. Mouvements désordonnés. Pas trace de paralysie. Rien à la bouche. Pas de diarrhée. Les phénomènes vont en s'atténuant, les mouvements disparaissent et la mort survient graduellement.

AUTOPSIE (vingt-quatre heures après la mort par un temps froid : décembre). — Putréfaction extrêmement rapide. Les viscères sont déjà en voie de liquéfaction. Tout est normal, sauf les membres postérieurs.

Ces derniers présentent, surtout à gauche, une congestion intense des épiphyses ; l'extrémité supérieure du fémur est réduite à une mince coque osseuse, entourant un lac de tissu semi-liquide rouge brun. La moelle diaphysaire est congestionnée. Pas de friabilité anormale. Rien aux maxillaires ni aux côtes. On ne constate nulle part ni hémorragie ni œdème.

EXPÉRIENCE II (Expérience LXXVI *in th.* Paul Michel).

Lapin jeune. Poids, 1.160 grammes. Ration quotidienne : pommes de terre, betteraves et luzerne (250 grammes de chaque) stérilisées à l'autoclave à 120 degrés pendant une heure et demie.

Accoutumance assez facile. Appétit médiocre au début.

Seizième jour. — Lapin peu vigoureux, de mauvaise apparence.

Pas de troubles digestifs. Rien aux gencives. Poids stationnaire à 1.760 grammes.

Vingt-troisième jour. — Aspect bien moins florissant que les témoins.

Trentième jour. — Malgré l'appétit excellent, l'état général est toujours médiocre. Le poids tombe à 1.640 gr.

Quarante-troisième jour. — Poil très hérissé avec épilation sur la face interne des cuisses. Train de derrière un peu soudé.

Quarante-septième jour. — Poil de plus en plus hérissé. Agitation.

Quarante-neuvième jour. — Etat général très précaire. On donne 50 grammes de pommes de terre crues.

Cinquante et unième jour. — Claudication marquée aux deux membres gauches. Rien à la bouche.

Cinquante-troisième jour. — Cachexie progressive malgré la conservation de l'appétit.

Cinquante-quatrième jour. — Mort. Poids, 1.430 gr.

AUTOPSIE. — La peau est en mauvais état, macérée et friable. Suffusions hémorragiques sous-péritonéales à la partie moyenne du côlon transverse. Muqueuse intestinale normale. Rien aux autres organes.

Squelette: Rien aux côtes ni aux maxillaires. Aux os longs, la moelle osseuse est très congestionnée, violacée, sans friabilité anormale des diaphyses. Les cartilages articulaires sont violacés avec début d'état velvétique au niveau des condyles fémoraux. Pas de fracture spontanée apparente. Le tissu épiphysaire est raréfié et a l'aspect d'un lac médullaire recouvert d'une mince coque osseuse. Toutes ces lésions sont manifestement plus marquées du côté gauche.

Là encore le mode d'action de la chaleur reste

insoupçonné. Il semble bien, pourtant, que l'enveloppe cellulosique des grains est un puissant moyen de protection, insuffisant pourtant dans la plupart des cas. Nous discuterons plus loin ce point, qui, malgré tout, reste secondaire à côté de la décortication. Celle-ci est, en effet, nous allons le voir, le facteur essentiel de la carence.

Le fait le mieux démontré jusqu'à maintenant est la dépendance entre le béribéri ou la polynévrite des poules et l'alimentation exclusive au riz décortiqué. Vient-on à consommer une variété semi-décortiquée, comme le parboiled rice de Braddon, aussitôt la maladie devient infiniment plus rare. La raison en est bien simple. Cette couche à grosses cellules claires, sur laquelle nous avons attiré l'attention il y a un instant, est assez étroitement solidaire de l'enveloppe cellulosique.

Au cours de manœuvres ayant pour but de transformer le grain en quelque chose de belle apparence et de digestion facile, cette couche est éliminée et va contribuer à donner une valeur nutritive considérable au son obtenu. Le grain a-t-il été étuvé au préalable, la couche cellulosique gonflée s'élimine plus facilement et une portion considérable de cellules claires reste adhérente au grain qui, malheureusement, conserve alors un aspect peu engageant.

Il s'agit là d'un phénomène général et commun à toutes les céréales, quelle que soit la variété considérée, froment, orge, riz ou maïs. Toutes les graines décortiquées provoquent de la carence si cette décortication a été assez complète. Cette réserve s'impose parce que

Weill et Mouriquand ont montré que, pour l'orge en particulier, il importe de faire une vérification microscopique minutieuse avant de considérer un grain comme entièrement décortiqué. Il peut, en effet, subsister quelques éléments de la couche à cellules claires, susceptibles de subvenir plus ou moins longtemps aux besoins de l'organisme. Ce fait est d'une importance extrême et nous aurons l'occasion d'y revenir à propos de la question primordiale du blutage des farines. On ne saurait mieux illustrer cette opposition qu'en comparant deux des observations publiées par Paul Michel.

EXPÉRIENCE III (Expérience XXII *in th.* P. Michel).

Pigeon adulte. Poids, 300 grammes. *Orge crue complètement décortiquée* (vérification microscopique). Pas de gavage.

Accoutumance facile. L'anorexie ne survient que lentement.

Douzième jour. — Tristesse. Diarrhée verte.

Dix-septième jour. Vole bien. Asthénie des jambes. Tend à basculer.

Vingtième jour. — Les troubles s'aggravent peu à peu.

Vingt-deuxième jour. — Inappétence complète. Paraplégie. Somnolence. Reste couché sur le côté.

Vingt-quatrième jour. — Etat de plus en plus grave. On donne de la *farine lactée* et du *blé complet cru*.

Vingt-cinquième jour. — Phénomènes cérébelleux intenses. Titubation. Mouvements de roulis. Hyperextension de la tête et des pattes. Gavage au *maïs complet*.

Vingt-sixième jour. — Amélioration légère. Contractures.

Vingt-septième jour. — Etat stationnaire.

Vingt-neuvième jour. — Poids, 190 grammes. Aggravation progressive.

Mort.

AUTOPSIE. — Rien à signaler à l'examen macroscopique.

EXPÉRIENCE IV (Expérience XXVIII in thèse P. Michel).

Pigeon adulte. Poids, 360 grammes. *Orge crue partiellement décortiquée*. Pas de gavage.

Seizième jour. — Les plumes sont hérissées.

Vingt-cinquième jour. — Selles aqueuses verdâtres.

Quarante-septième jour. — Diarrhée persistante. Vol et marche normaux. Plumes toujours hérissées.

Cinquante-cinquième jour. — Ebouffement marqué.

Soixante-septième jour. — Poids, 350 grammes. Etat stationnaire. Aucun phénomène névritique à signaler. Néanmoins, le sujet semble beaucoup moins brillant que ceux nourris à l'*orge complète*. Interruption de l'expérience.

Les céréales ne sont pas seules à présenter ces particularités. Il en est encore de même des légumineuses où cependant les substances-ferments semblent être moins exactement localisées dans les régions les plus superficielles. Ici encore, nous rapporterons l'une des expériences de P. Michel, ayant trait aux lentilles décortiquées.

EXPÉRIENCE V (Expérience XLIII in thèse P. Michel).

Pigeon adulte. Poids initial, 280 grammes. *Lentilles décortiquées crues*. Pas de gavage.

Cinquième jour. — 120 grammes. Appétit nul. Diarrhée abondante.

Dixième jour. — Accoutumance progressive. Actuellement, le pigeon est revenu à son poids normal et mange bien.

Trénte-cinquième jour. — On institue le gavage à 40 grammes par jour.

Quarantième jour. — Vol soutenu. Marche normale, rapide.

Quarante-sixième jour. — Bien que le poids soit remonté à 225 grammes, l'état général semble moins brillant. Vol assez difficile.

Soixante-cinquième jour. — Vol impossible. Marche normale.

Quatre-vingt-cinquième jour. — Diarrhée jaunâtre.

Quatre-vingt-septième jour. — Vomissements. Diarrhée. Mouvements stationnaires.

Quatre-vingt-huitième jour. — A 8 heures du matin, état sans changement, marche normale. A 10 heures du matin, paralysie brusque des quatre membres avec rigidité considérable et légère rétraction de la tête. Pas de convulsions. Pas de dyspnée apparente. Mort dans le même état à 11 heures du matin. Poids, 280 grammes.

AUTOPSIE. — Pannicule adipeux considérable. Rien à signaler à l'examen macroscopique des différents organes.

Bref, la décortication constitue bien un facteur d'appauvrissement considérable dans l'alimentation. Sans doute, rend-elle plus digestibles les grains, mais elle n'y arrive qu'en en faisant un amas de substances albuminoïdes ou hydrocarbonées presque pures, et en éliminant à peu près complètement les graisses, les sels, les corps phosphorés. Tout cela résulte clairement des analyses faites à la fois sur le grain entier, sur le même après décortication, et sur les résidus enlevés par cette dernière.

Il arrive même parfois que ces actions néfastes combinent leur pouvoir désorganisateur. Une céréale

décortiquée est-elle encore soumise à la stérilisation, les quelques substances-ferments qui ont pu échapper sont détruites en bloc, et l'on réalise ainsi ce que Weill et Mouriquand ont appelé l'hypercarence. Les expériences de P. Michel avec le riz et l'orge le démontrent absolument (expériences LXIII à LXVI).

Nous nous sommes placés jusqu'ici à un point de vue très général et n'avons étudié que sommairement l'ensemble des phénomènes de carence. Ce résumé présente du moins l'utilité de constituer un point de départ assuré et c'est en nous servant de ce critérium que nous allons nous occuper maintenant d'établir la valeur alimentaire du pain dans ses rapports avec la carence.

Après une étude d'ensemble sur le pain et sa composition, nous examinerons successivement les influences que peuvent avoir sur lui les divers facteurs essentiels de la carence, que nous avons mis en lumière plus haut. Ceci fait, nous dirons un mot des mélanges ou succédanés du pain, que l'on a proposés en vue de remédier à une pénurie possible.

DEUXIÈME PARTIE

LA VALEUR ALIMENTAIRE DU PAIN

CHAPITRE PREMIER

LE PAIN EN GÉNÉRAL

S'il est une question qui a suscité de longue date les recherches des chimistes et des expérimentateurs, c'est bien celle du pain. Sa composition a été maintes et maintes fois étudiée et l'on connaît à fond sa teneur en albuminoïdes, en graisses, en hydrates de carbones et en sels. Non seulement le pain lui-même a été examiné de la sorte, mais on en a encore déterminé le pourcentage de ses divers éléments, suivant la variété du blé employé, suivant les procédés de mouture, suivant enfin le taux du blutage.

Nous ne rappellerons donc que pour mémoire la présence d'une substance albuminoïde spéciale, le gluten, formée lui-même de deux éléments, la gliadine et la gluténine. C'est le mélange de ces derniers qui donne au pain de froment son élasticité particulière et c'est dans cette céréale seule que se rencontre la proportion la plus propre à donner un pain bien

levé et facilement digestible. Fleurent a établi que le mélange de 25 pour 100 de gluténine avec 75 pour 100 de gliadine donnait l'élasticité maxima. Or, suivant les variétés, le blé contient de la gliadine et de la gluténine dans les limites suivantes :

Gliadine.	60 à 82 pour 100
Gluténine	18 à 40 —

Les farines tirées de toutes les autres céréales au contraire, présentent une proportion de gluténine beaucoup plus considérable, allant même jusqu'à 92 pour 100, ce qui explique l'absence de porosité des pains ainsi fabriqués. Nous reviendrons au surplus sur cette question à propos des mélanges ou succédanés indiqués ces derniers temps par mesure d'économie.

Les autres éléments du pain ne présentent rien de particulier. Signalons en passant la richesse de cet aliment en phosphates, richesse d'autant plus marquée que le blutage a été fait à un taux plus élevé.

On sait que jusqu'à maintenant et sous l'influence des idées thermodynamiques en vogue actuellement, tout aliment était considéré d'une valeur d'autant plus grande que ses éléments étaient plus susceptibles de donner un chiffre plus fort de calories. En outre, la quantité d'eau était considérée, et à juste titre, comme un déchet inutilisable, diminuant par le fait même la valeur économique du produit étudié.

Il est donc intéressant de reproduire ici les analyses données par la Commission américaine et son rapporteur Atwater.

	Eau pour 100	Calories par kilogr.
Pain blanc (farine première qualité) . . .	32,90	2.800
Pain blanc (qualité moyenne) . . .	34,10	2.745
Pain blanc (qualité inférieure) . . .	40,70	2.436
Pain bis.	43,60	2.315
Pain bis.	40	2.138

Ces divers chiffres s'appliquent au pain considéré dans son ensemble, croûte et mie. Entre ces deux constituants, les différences sont minimales. La croûte soumise à une plus haute température, contient une proportion d'eau moindre et son amidon a subi une décomposition, par hydratation, plus avancée. On y rencontre, en particulier, une plus grande quantité de dextrine soluble. Les autres éléments chimiques ne sont pas sensiblement altérés par la cuisson, sauf l'albumine qui, d'après Barral, se solubilise en partie.

Il nous reste à dire un mot sur les procédés généralement employés dans la panification.

La farine est mélangée à une quantité d'eau, généralement salée, suffisante pour la délayer. Cette quantité est, du reste, toujours aussi forte que possible, car c'est elle qui fournit une bonne partie du bénéfice du boulanger. On y ajoute de la levure de bière, sous forme de levain, de façon à établir un début de fermentation alcoolique, qui, en développant de l'acide carbonique, met en jeu l'élasticité du gluten et rend le pain poreux et digestible. On y supplée parfois au moyen de produits chimiques ayant, eux aussi, la propriété de développer de l'acide carbonique au contact de la pâte. Ce sont les poudres panifiantes, sou-

vent employées à bord des navires. Tels sont surtout le bicarbonate d'ammoniaque ou le mélange de bicarbonate de soude et de crème de tartre.

La cuisson, ordinairement au moyen de feu de bois, se fait dans des fours chauffés d'une façon homogène, et dont la température ne doit pas dépasser 200 degrés pour le pain blanc et 260 degrés pour le pain bis. Nous reviendrons plus longuement tout à l'heure sur ce point particulier.

Après la cuisson, le pain est soumis au resuage et au refroidissement, ce qui lui fait perdre sa consistance gommeuse et le rend ainsi plus facile à mâcher et à digérer.

Ces généralités n'ont que de lointains rapports avec la carence alimentaire. Il était cependant indispensable d'en dire quelques mots, ne fût-ce que pour rappeler des faits peu connus en dehors des professionnels ou des expérimentateurs.

Nous allons maintenant revenir plus directement à notre sujet et nous étudierons, au cours des chapitres qui vont suivre les divers processus par lesquels le pain peut perdre successivement sa provision de substances-ferments contenue initialement dans les graines de céréales.

CHAPITRE II

LE VIEILLISSEMENT DU PAIN

De cette cause d'altération nous ne dirons que quelques mots, car le pain y échappe très généralement. Ce n'est pas, en effet, dans le laps de temps qui s'écoule ordinairement entre la préparation et l'absorption que des phénomènes de cet ordre peuvent se développer. Il n'en est peut-être plus de même dans le pain conservé, tel qu'on le fabrique maintenant, en vue de différents emplois, ravitaillement des prisonniers de guerre, par exemple.

Malgré tout, le vieillissement n'est pas comparable à celui éprouvé par les aliments de conserve. Tout ce que l'on peut dire, c'est que les substances-ferments encore contenues dans le pain ne peuvent que s'altérer par ces procédés de conservation, et que ces derniers ne doivent être employés que dans des cas bien particuliers, relevant de la force majeure.

Mais avant de s'appliquer au pain, le vieillissement est parfaitement capable d'altérer d'une façon beaucoup plus grave les farines. Celles-ci sont plus sensibles à toutes les influences nocives, parce que débarrassées de leur enveloppe cellulosique. Il serait bon de les consommer aussi vite que possible, et les graines

ne devraient être soumises à la mouture qu'au fur et à mesure des besoins.

Du reste, les insectes, l'humidité, les moisissures diverses interviennent là encore pour en précipiter les troubles. Rappelons ici, pour mémoire, le rôle des altérations de la farine de maïs, dans la pathogénie de la pellagre, rôle si important qu'un grand nombre d'auteurs y ont vu la cause essentielle de la maladie.

Les faits de scorbut et de béribéri, observés à maintes reprises au cours des longues traversées, malgré une abondante provision de farines, sans relever uniquement de l'ancienneté de celles-ci, ont été cependant influencés par elle d'une façon indéniable. Il en est de même dans l'explosion de béribéri au Labrador, observée par Hill, à la suite de l'absorption de farine de froment très purifiée et ayant subi un long voyage.

Malgré tout, pour le pain, le vieillissement n'est qu'un facteur de carence très secondaire. Il n'en est pas de même de la chaleur et de la décortication, et c'est maintenant que nous allons aborder la partie la plus intéressante de notre sujet.

CHAPITRE III

LA CHALEUR ET LE PAIN

Depuis Grijs, tous les auteurs qui se sont occupés de la question ont signalé l'importance des altérations consécutives à l'action d'une température supérieure à 100 degrés. Nous avons déjà dit que Holst et Fröhlich provoquaient le scorbut expérimental avec des pommes de terre cuites à 110 degrés. Il est donc intéressant de savoir si le pain est porté à une température telle que la carence puisse apparaître par ce seul fait.

Nous avons pris nous-même la température d'un pain en pleine cuisson, soit dans la partie profonde, soit dans la région correspondante à la croûte. Cette température est notablement inférieure à ce que l'on pourrait supposer de prime abord. Alors que la mie ne dépasse guère 97 ou 98 degrés, la croûte arrive à 104 degrés seulement, alors que les fours sont chauffés à 200 degrés et plus. La raison en est bien simple, car l'évaporation active qui se produit à la surface du pain, agit comme un régulateur puissant.

Ce fait, remarquons-le en passant, constitue une raison de plus pour que l'eau employée dans la panification soit d'une pureté absolue, la cuisson étant insuffisante pour réaliser une stérilisation suffisante.

Cette température de 104 degrés détruit-elle les substances-ferments? Des diverses expériences rapportées dans la thèse de P. Michel, on peut considérer que la carence n'apparaît à 100 degrés qu'au bout d'un temps considérable. Encore cette constatation n'est-elle nette que sur les végétaux herbacés. Les grains résistent beaucoup mieux à une température, fût-elle de 120 degrés, qu'à l'ébullition pure et simple, qui agit en outre et surtout par extraction aqueuse.

Celle-ci n'existant pas dans la cuisson du pain, il semble donc que la température n'ait pas une action bien nettement déterminée.

Nous avons entrepris de nourrir deux poules exclusivement au même pain, l'une ne recevant que de la croûte et l'autre que de la mie. En raison des différences en teneur d'eau et pour équilibrer à peu près la ration véritablement nutritive, nous avons donné à l'une 150 grammes de croûte et à l'autre 200 grammes de mie, puis, par gavage, 120 grammes de croûte pour 150 grammes de mie.

EXPÉRIENCE VI¹

Poule adulte. Poids, 1.430 grammes.

Reçoit chaque jour 150 grammes de *croûtes de pain* soigneusement débarrassées de la mie. Il s'agit d'un pain bluté à 73 pour 100 (pain ordinaire des Hospices civils de Lyon).

Appétit nul au début.

¹ Cette expérience, ainsi que toutes les suivantes, est personnelle et inédite.

Cinquième jour. — Amaigrissement considérable, 1.250 gr. Commence à mieux manger.

Vingt-deuxième jour. — Appétit excellent. Néanmoins, l'animal maigrit lentement. Pas de troubles moteurs, ni de troubles digestifs. Poids, 1.140 grammes.

Trente-troisième jour. — Poids, 1.070 grammes. Vole et marche bien, paraît cependant moins vigoureux.

Trente-quatrième jour. — Diarrhée.

Trente-sixième jour. — A partir d'aujourd'hui, on institue un *gavage* à 120 grammes. Diarrhée très abondante. Ebouffissement et steppage. Poids, 1.050 grammes.

Quarantième jour. — Le poids est remonté à 1.130 gr. Gavage bien supporté. La diarrhée et le steppage ne se sont pas modifiés.

Cinquante-troisième jour. — La diarrhée persiste sans changement. L'animal marche lentement en levant les pattes très haut.

Soixante et unième jour. — Mouvements incertains, chute sur le derrière, mauvais aspect général. Poids stationnaire, 1.105 grammes.

Soixante-cinquième jour. — Apathie, immobilité, position accroupie permanente.

Soixante-sixième jour. — Abrutissement de plus en plus marqué, ne réagit plus aux excitations, se tient à peine sur les pattes. Marche nulle par faiblesse généralisée plutôt que par paralysie. Mort sans autres phénomènes nouveaux. Poids, 1.020 grammes.

AUTOPSIE. — Système nerveux et squelette normaux. Foie pâle. Intestin congestionné. Le cœur est mou, aplati, avec des taches blanches. Léger épanchement péricardique. Rien à signaler aux poumons.

Il convient de noter ici l'amaigrissement prononcé, peu amélioré par le gavage, la diarrhée et des phénomènes de polynévrite relativement peu accentués.

EXPÉRIENCE VII

Poule adulte. Poids, 1.600 grammes.

Reçoit chaque jour 200 grammes *de mie de pain*.

Septième jour. — Appétit nul. Poids, 1.350 grammes.

Treizième jour. — Appétit excellent. Le poids est remonté à 1.490 grammes. Pas de troubles moteurs.

Vingt-troisième jour. — Appétit assez bon, le poids monte peu à peu à 1.525 grammes.

Trente-septième jour. — On institue le gavage à 150 gr. par jour, le poids monte à 1.535 grammes et l'animal ne présente qu'un peu de diarrhée.

Quarante-quatrième jour. — Poids, 1.640 grammes. Diarrhée persistante.

Cinquante-troisième jour. — Diarrhée moindre. Les mouvements restent vifs et normaux, mais le poids tombe à 1.415 grammes.

Soixantième jour. — Diarrhée persistante. Amaigrissement progressif. Pas de troubles moteurs. Poids, 1.330 gr.

Soixante et unième jour. — Diarrhée aqueuse. Vomissements. Un peu d'ébouriffement. Vol nul. Marche lente, presque impossible; les pattes quittent à peine le sol. Au repos, l'animal prend aussitôt la position accroupie sans qu'il y ait de la paralysie vraie, ni même de steppage.

Soixante-deuxième jour. — Paralysie complète. Mort. Poids, 1.320 grammes.

AUTOPSIE. — Intestin normal, rempli de liquide verdâtre. Le gésier a conservé des pierres assez nombreuses. Le squelette est congestionné au niveau des épiphyses.

Cœur pâle et ramolli. Rien à signaler à l'examen macroscopiques des différents organes.

Ici, l'amaigrissement a été moindre, mais les autres phénomènes pathologiques ont été presque calqués sur l'observation précédente.

La seule conclusion qu'il soit possible de tirer de ces deux expériences, c'est qu'une température de 95 degrés n'agit pas de façon autre que celle de 104 degrés. La carence n'est que peu modifiée par cet écart minime et il existe un autre facteur beaucoup plus important, que nous allons étudier maintenant. C'est la décortication.

Cependant, et pour en finir avec la question de la chaleur, il convient de ne pas oublier que, sans être nocive par elle-même, au moins dans les limites nécessitées par la cuisson du pain, elle joue d'une façon directe un rôle important. C'est le mécanisme de l'hypercarence, sur laquelle nous avons insisté tout à l'heure.

CHAPITRE IV

LA DÉCORTICATION ET LE PAIN

Au cours de la rapide revue d'ensemble sur la carence, qui figure au début de notre travail, nous avons vu que, depuis Eijkmann, tous les auteurs s'accordent à voir dans la décortication du riz la cause primordiale du béribéri. Mais c'est à Weill et Mouriquand que revient l'honneur d'avoir établi pour la première fois ce fait général, et d'importance extrême, que, dans toutes les céréales, les substances-ferments se rencontrent au voisinage immédiat de la carapace cellulosique.

Ils ont pu montrer aussi que les exceptions à cette règle n'étaient qu'apparentes et s'expliquaient facilement par la persistance de fragments de cette couche à grosses cellules claires, restés attachés au grain. Ceci est surtout vrai pour l'orge et le blé, mais se rencontre encore avec le riz et le maïs. Un examen microscopique minutieux reste donc indispensable avant d'entreprendre des expériences de ce genre.

De leurs recherches il résulte surtout que, si la décortication appliquée à toutes les céréales est un facteur essentiel de carence, le blé est l'une de celles qui y résiste le mieux. Un pigeon de P. Michel a

survécu cent trente-cinq jours au régime du blé décor-tiqué. Il est vrai que la semoule de blé a provoqué la mort au quarante-huitième jour, mais ce laps de temps demeure néanmoins très supérieur à ceux observés avec le riz ou l'orge.

Avant d'étudier de très près les effets de la décoration sur le grain de blé, il est indispensable d'en rappeler d'une façon succincte la composition anatomique.

C'est, nous apprennent les botanistes, un fruit indéhiscant, monosperme et sec, appartenant au type de la caryopse. Il se compose essentiellement de deux lobes séparés par une rainure très marquée. A la base de ce lobe, on constate la présence d'un embryon extrêmement petit.

Une coupe longitudinale met en évidence trois couches de tissus d'épaisseur et d'importance très différentes. La partie la plus superficielle, ou péricarpe, comprend elle-même l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe. Elle est composée presque entièrement de tissus lignifiés et ses divisions ne diffèrent guère que par le volume et l'orientation des cellules.

A la suite, nous rencontrons l'épisperme ou testa, très mince et formé aux dépens des couches extérieures de l'ovule. Enfin, et contre l'amande farineuse, se trouve une bande hyaline ou endoplèvre et une assise protéique, composée essentiellement de ces cellules claires, polygonales, sur lesquelles nous avons déjà attiré l'attention.

Signalons, en passant, que chez les autres céréales, le maïs, en particulier, il se développe ici une quan-

tité assez considérable de graisses, arrivant à constituer près de 4 pour 100 de l'ensemble du grain, d'où leur importance bien connue dans l'élevage des bestiaux et de la volaille.

Dans le blé, cette couche est formée d'aleurone qui s'imprègne seulement de quelques globules graisseux à aspect huileux.

A la suite de cette couche d'aleurone, et adhérant avec elle, nous arrivons sur l'amande farineuse proprement dite, formée de cellules gonflées de grains d'amidon, noyés eux-mêmes dans une masse albumineuse, qui constitue le gluten.

Quant au germe, il est formé d'une radicelle et d'une gemmule, avec une excroissance adossée à l'albumen, nommée l'hypoblaste, et où se trouvent un nucléus, du protoplasma et quelques gouttes de graisses.

Pour mieux fixer les idées, nous allons maintenant reproduire un certain nombre de chiffres empruntés à Aimé Girard et à Fleurent, dont les travaux très précis sont sans cesse à consulter au cours de ces études.

Voici d'abord les rapports pondéraux moyens entre les différents éléments constitutifs du grain de blé.

Amande	83,01
Germe.	1,43
Enveloppes	15,56

L'analyse du germe donne les chiffres suivants :

Eau	11,55	0/0
Matières insolubles	{ Matières grasses	12,50
	{ Matières azotées	19,32
	{ Matières celluloseuses	9,61
	{ Matières minérales	0,80
		42,23
Matières solubles	{ Matières azotées	19,75
	{ Matières non azotées	22,15
	{ Matières minérales	4,50
		46,40

Quant à la couche d'albumen, entièrement représentée dans les farines extraites à 70 pour 100, les mêmes auteurs en fixent la composition dans les limites suivantes, variables d'un échantillon à l'autre, mais seulement d'une façon relativement limitée.

	Farine de blé Stand'Up	Farine de blé d'hiver, d'Odessa
Eau	14,65	12,50
Matières solubles	{ Sucres, gommés, etc.	2,36
	{ Matières azotées	1,10
	{ Matières minérales	0,25
		0,30
Matières insolubles	{ Gluten	6,58
	{ Amidon	73,68
	{ Matières grasses	1,17
	{ Matières minérales	0,21
		13,80
		68,12
		1,16
		0,42

L'albumen est surtout remarquable, nous le voyons, par sa richesse en amidon. En revanche les graisses, et surtout les sels minéraux, y sont très peu abondants. Il n'en est pas de même, loin de là, des enveloppes. Celles-ci, toujours d'après Aimé Girard, se composent de ces trois éléments, suivant les proportions ci-après, à l'état naturel et sans dessiccation préalable.

Péricarpe	31
Episperme	7,69
Bande hyaline et assise protéique.	61,31

Etudiées séparément, ces trois couches sont loin d'avoir une composition chimique analogue. Nous avons déjà dit un mot, en passant, sur l'assise protéique. Il est à remarquer, en outre, que la proportion de tissu cellulosique diminue rapidement de la périphérie au centre. Au surplus, voici les chiffres que donne Aimé Girard à ce sujet :

Péricarpe	{	Eau	3,58	} 31
		Ligneux non azoté	24,43	
		Matières azotées	2,41	
		Sels minéraux	0,58	
Episperme	{	Eau	0,92	} 7,69
		Matières non azotées	5,06	
		Matières azotées	1,25	
		Sels minéraux	0,46	
Bande hyaline et assise protéique	{	Eau:	7,23	} 61,33
		Matières cellulosiques	29,63	
		Matières azotées.	15,21	
		Matières grasses.	5,60	
		Sels minéraux	3,66	

De la comparaison de tous ces chiffres, il résulte avec la plus nette évidence que, si l'amande contient surtout des hydrates de carbone joints au gluten, l'enveloppe comprend presque exclusivement les sels, les grains et les substances azotées hautement différenciées.

C'est en se basant sur ces faits indiscutables, qu'un grand nombre d'auteurs ont préconisé l'emploi du pain complet, comme seul susceptible de fournir à l'organisme une série d'aliments indispensables, alors que ces derniers n'existent dans l'amande du grain qu'à un taux tout à fait insuffisant. Cette considération semblait justifiée par la fameuse expérience de Magendie, bien souvent rappelée. Le chien nourri au pain blanc succombait, tandis qu'un autre chien survivait indéfiniment par l'emploi du pain complet.

Malheureusement, le tube digestif de l'homme n'est pas disposé pour digérer le tissu cellulosique, qui constitue la charpente même de l'enveloppe du grain. Non seulement, il n'est pas attaqué par les différents sucs gastriques ou intestinaux, mais il protège même contre ces derniers les différents éléments nutritifs qu'il renferme. C'est ainsi que Poggiale a constaté que le chien ne digérait que 23 pour 100 du son absorbé. Ce dernier résiste même à l'action successive de deux chiens et d'une poule.

Les résultats obtenus chez l'homme sont encore plus concluants. Rathay, expérimentant sur lui-même avec du pain complet de Graham, a retrouvé dans les fèces les enveloppes absorbées ne présentant aucune modification anatomique. Dans les mêmes conditions, Aimé Girard a constaté que la digestion ne leur fait perdre que 0,73 pour 100 de matière azotée et seulement 1,32 pour 100 de substances assimilables.

Au surplus, il est de notoriété courante et d'observation facile, que le pain complet est de digestion

laborieuse. Les estomacs les plus résistants ressentent une sensation de lourdeur particulière, qui aboutit parfois au vomissement. Nous l'avons constaté nous-même chez l'un de nos amis, qui se vantait pourtant de posséder une tolérance gastrique remarquable.

En somme il est indiscutable que la carapace cellulosique du grain de blé est un obstacle considérable apporté à l'assimilation des substances alimentaires contenues dans le pain complet. Vraie, au point de vue théorique, toutes les opinions, qui veulent voir dans l'absorption de ce dernier une alimentation complète et économique, se heurtent à des difficultés pratiques considérables et même insurmontables. Cette constatation, exacte pour des sujets normaux, s'impose encore plus quand il s'agit d'estomacs fatigués, chez des malades en état de dénutrition, qui auraient pourtant le plus besoin des graisses et des minéraux contenus dans l'enveloppe.

Aussi, à mesure que progressaient les procédés de mouture, le goût public se portait de préférence vers un pain de plus en plus blanc. Non seulement le son était soigneusement éliminé, mais il en était de même pour les couches les plus superficielles de l'amande. L'invention des cylindres hongrois n'a fait qu'accélérer cette évolution, en la facilitant, et ces derniers temps le blutage courant était de 60 pour 100 et tombait parfois à 50 pour 100 pour certaines farines destinées à des usages spéciaux (pâtisseries, pain viennois, pain de régime, etc.)

Mais l'épuration de la farine, portée à pareil taux, devenait condamnable à tous les points de vue. Nous

avons vu, à propos de la carence alimentaire, le mécanisme de l'un des principaux processus de déficience. C'est dans cette partie de l'enveloppe, appelée couche hyaline, et où l'on rencontre l'aleurone, que siègent les substances-ferments ou vitamines mises en évidence par Funk, et un blutage de 70 pour 100 les fait déjà disparaître en très grande partie.

Il en est de même pour les sels minéraux et les graisses, contenus surtout dans les couches périphériques, comme nous le montrent les analyses rapportées ci-dessus.

Les conséquences expérimentales sont là pour le démontrer. C'est ainsi que Gottschalk rapporte les analyses d'urine faites par Fauvel au cours d'une alimentation exclusive par différents pains pendant une semaine.

	Pain complet	Pain de munition	Pain blanc
Volume	920	1.320	1,120
Acidité	1,49	1,41	1,29
Urée	12,06	14,39	13,91
Xantho-uriques . .	0,62	0,47	0,54
Acide urique. . .	0,35	0,21	0,34
P ² O ⁵	2,07	2,01	1,68

Ces chiffres dénotent un avantage marqué pour le pain de munition, type intermédiaire entre les deux autres. C'est lui qui comporte le maximum d'utilisation des albuminoïdes, puisqu'il donne pour l'urée les chiffres les plus forts et les plus faibles pour l'acide urique et les corps xanthiques.

Hindhède s'est livré, lui aussi, à une série d'expé-

riences, qui montrent une grosse supériorité d'utilisation du pain blanc, mais il a observé sur lui-même et sur ses sujets des troubles assez sérieux consistant en lassitude générale et même en poussées violentes de vertiges. En outre, et en se plaçant seulement au point de vue économique, il a publié un tableau extrêmement intéressant des substances alimentaires, que l'on pouvait se procurer pour une couronne scandinave (1 fr. 39 de notre monnaie au cours de l'époque).

Les conséquences économiques et sociales de la valeur alimentaire du pain sont, en effet, incalculables, et, par ces temps d'économie forcée, elles prennent encore un caractère plus primordial, sur lequel nous reviendrons bientôt avec davantage de détails.

Voici ce tableau, qui méritera du reste quelques observations critiques.

	Seigle complet	Seigle bluté à 20 pour 100	Seigle fin	Pain complet de Graham	Pain blanc moyen	Pain blanc supérieur blutage renforcé
Poids	6.452	4.413	3.520	3.675	2.592	1.770
Substance sèche totale. . . .	4.131	2.903	2.351	2.563	1.738	1.191
Substance sèche digérée . . .	3.693	2.743	2.299	2.402	1.738	1.191
Albumine totale.	498	266	280	349	220	172
Albumine digé- rée	399	21	262	315	220	172
Cendres Na Cl.	71	30	18	38,2	9,8	9,9
Cellulose . . .	89,9	—	—	—	2,6	—
Pentosanes . .	464	—	—	—	73	—

Au point de vue économique, comme au point de vue énergétique, ce tableau nous montre, à première vue, la supériorité du pain complet, que ce soit du seigle ou du blé. Mais il faut se rappeler le coefficient d'utilisation digestive extrêmement faible pour cette variété. Après correction, il résulte donc que c'est le seigle bluté à 20 pour 100 et le pain blanc moyen, qui présentent le maximum d'avantages. Pour ce dernier surtout la différence est frappante avec le pain raffiné, qui, à prix égal, ne donne que les deux tiers de substances alimentaires sèches.

Si, du domaine de la chimie biologique, nous passons dans celui de l'expérimentation pure, les conclusions restent identiques.

Comme le chien de Magendie, les pigeons de Holst ne survivent que vingt jours à une nourriture au pain blanc. Ils meurent encore plus vite si ce pain a été levé au moyen de poudres panifiantes, et ceci s'explique probablement par l'existence des substances-ferments découvertes par Funk dans la levure de bière. Les singes, plus résistants, peuvent vivre deux mois à ce régime.

Une autre constatation intéressante a été faite au Labrador. Hill y a observé une poussée de bérubéri nettement consécutive à la distribution à la population d'une farine de froment extrêmement blanche. L'apparition sous ces latitudes d'une maladie que l'on croyait exclusivement tropicale est vraiment frappante, surtout si on la compare à son étiologie habituelle mise en lumière par Eijkmann, Fraser et Stanton, etc.

Balland, dans une récente communication à l'Académie des Sciences, insiste sur une autre conséquence de l'adoption de plus en plus généralisée du pain blanc. Il fait observer que ce dernier est insuffisant pour tous ceux qui se livrent à un travail fatigant. C'est ainsi, dit-il, que les ouvriers sont amenés à consommer davantage de viande et de charcuterie, pour subvenir au déficit alimentaire ainsi causé.

La même observation a été faite dans l'armée, ou depuis quelques années, et à la suite de campagnes politiques, le taux de blutage avait été ramené de 80 à 70 pour 100. Il en est résulté que les jeunes soldats avaient faim et que l'on a été obligé, là encore, d'augmenter la ration de viande.

Nous même avons entrepris de nourrir deux lapins avec le pain ordinaire des Hospices civils de Lyon, pain fait avec de la farine blutée à 73 pour 100.

EXPÉRIENCE VIII

Lapin noir. *Pain ordinaire des Hospices*. Poids 2.090 grammes. Reçoit chaque jour (croûte et mie mélangées) 250 grammes de pain.

Onzième jour. — Appétit assez bon. Après une période d'amaigrissement, le poids reste stationnaire. Aucun phénomène à signaler.

Treizième jour. — Diarrhée jaunâtre.

Vingt-deuxième jour. — Poids stationnaire autour de 1.950 grammes. Un peu de rougeur des gencives.

Vingt-sixième jour. — Amaigrissement rapide. 1.790 grammes. Appétit moindre, mais toujours relativement bon. Aucun phénomène anormal.

Vingt-septième jour. — Marche pénible. Train de derrière ramassé,

Vingt-huitième jour. — Marche très pénible. Poids, 1.660 grammes.

Vingt-neuvième jour. — Marche de plus en plus difficile. Appétit nul. Rien à signaler aux gencives.

Trentième jour. — Mort dans la nuit. Poids, 1.520 grammes.

AUTOPSIE. — Rien à signaler aux différents organes, sauf une très légère congestion osseuse. Un peu de friabilité.

EXPÉRIENCE IX

Lapin gris. *Pain ordinaire des hospices* (croûte et mie mélangées) 250 grammes par jour. Poids, 1.440 grammes.

Septième jour. — Appétit faible. Amaigrissement notable. Poids, 1.300 grammes.

Onzième jour. — Le poids est remonté à 1.420 grammes.

Vingtième jour. — Appétit meilleur. Diarrhée verdâtre. Le poids est un peu supérieur à celui du début, 1.450 grammes.

Vingt-deuxième jour. — Etat stationnaire. Un peu de rougeur des gencives.

Vingt-sixième jour. — Le poids est retombé à 1.600 grammes. Appétit moindre, mais assez bon. Aucun phénomène à signaler.

Vingt-septième jour. Marche pénible. Train de derrière ramassé.

Vingt-huitième jour. — L'animal ne fait plus aucun mouvement.

Trente-troisième jour. — Amaigrissement lent et progressif. Poids, 1.200 grammes. Appétit stationnaire. L'animal marche difficilement et s'effondre sur ses pattes.

Trente-sixième jour. — Marche impossible.

Trente-septième jour. — Mort. Poids, 1.050 grammes.

AUTOPSIE. — Rien à signaler aux différents organes, sauf un peu de congestion de l'intestin. Le squelette pré-

sente une congestion notable des épiphyses, surtout aux membres supérieurs, avec raréfaction osseuse et friabilité nette.

Nos deux lapins ont présenté des lésions ressortissant au type du scorbut expérimental d'Holst et Fröhlich. Cette terminaison n'a, du reste, rien de surprenant, puisque les cobayes nourris avec des grains complets périclissent de la même façon. Mais nos expériences sont surtout intéressantes pour leur comparaison avec celles où le pain employé contenait des proportions variables de riz complet ou décortiqué. Nous y reviendrons dans un instant, en étudiant la valeur alimentaire des mélanges.

De toute cette étude, une conclusion semble s'imposer. C'est que là, comme dans beaucoup d'autres discussions, les deux théories contraires renferment chacune une part de vérité. Si les apôtres du pain blanc ont raison d'insister sur les inconvénients graves qu'entraîne l'absorption du grain de blé en bloc et à peine concassé, les défenseurs du pain complet n'ont pas tort d'accuser la farine trop blutée d'être déficiente et de constituer un gaspillage regrettable à tous les points de vue.

Les premiers insistent à juste titre sur les altérations que peuvent provoquer les ferments contenus dans le germe et sur les propriétés laxatives des enveloppes qui diminuent encore l'action des sucs digestifs. Les autres ont trouvé un puissant secours dans les nouvelles connaissances que nous a procurées l'étude de la carence alimentaire. Ces données, toutes nou-

velles, semblent bien faire pencher la balance du côté de l'utilisation aussi complète que possible du grain, tel que nous le fournit la nature.

Peut-être pourrait-on donner au pain blanc les principes qui lui manquent, en employant dans la panification une sorte d'eau de son, entraînant avec elle les substances-ferments de l'enveloppe par une véritable extraction aqueuse. Disons de suite que la méthode serait loin d'être parfaite ; en effet, Suzuki, Funk et tous les chimistes qui se sont occupés de cette question, ont vu qu'elles ne se dissolvaient bien que dans l'alcool acidifié par l'acide chlorhydrique. On voit facilement par là que ces tentatives, pour se généraliser, se heurteraient à des difficultés multiples et probablement insurmontables.

Dans la vie courante, on peut dire que le pain blanc ne doit être considéré que comme un pain de riche, n'en déplaie aux partisans farouches de l'égalité absolue dans tous les domaines. Son emploi nécessite une grande variété dans le régime alimentaire et constitue un gaspillage considérable. Aussi est-il absurde d'en vulgariser l'emploi dans toutes les classes sociales et c'est faire un bien médiocre cadeau aux travailleurs que de leur apporter la miche quotidienne. Pour la satisfaction d'un simple plaisir gustatif, ils sont entraînés à de notables dépenses s'ils veulent fournir à leur organisme les éléments indispensables.

Est-ce à dire que nous en arrivions à prôner le pain complet ? Bien loin de là, et si ses partisans ne l'ont pas emporté, c'est en grande partie à cause de l'exagération même et de l'absolu de leur théorie. L'esto-

mac humain n'est pas un estomac de granivore et il lui manque quelque chose d'analogue au gésier des oiseaux.

Il est indispensable d'éliminer au préalable la couche la plus superficielle de l'enveloppe, celle qui renferme, nous l'avons vu, plus des trois quarts de tissu ligneux pour une proportion très faible (8 pour 100) de substances alimentaires à digestion impossible.

En revanche, la bande hyaline et l'assise protéique doivent être conservées le plus possible. Ce sont les plus riches en substances alimentaires et en sels minéraux et c'est dans leurs cellules que se localisent presque entièrement les substances-ferments, si indispensables, nous le savons, au métabolisme des éléments nerveux. Sans doute, il y persiste de la cellulose, mais en proportion insuffisante pour causer des troubles digestifs. Bien mieux, les propriétés de cette dernière sont ici un avantage, l'intestin de l'homme civilisé ayant des tendances de plus en plus marquées à la paresse.

Ce ne serait après tout qu'un simple retour au goût de nos ancêtres, qui, mieux avisés, ne recherchaient pas tant une belle couleur dans leur pain qu'un aliment vraiment nutritif. A cet égard, la mouture par cylindres n'a pas constitué un progrès. Les meules en pierre étaient bien supérieures, surtout depuis le remoulage des gruaux découvert en 1760 par le boulanger Malisset, et il faut regretter la disparition du vieux moulin de campagne, autant au point de vue pittoresque qu'au point de vue économique.

Si le taux de blutage à 60 pour 100, très générale-

ment adopté jusqu'à ces derniers temps est excessif, à quel degré convient-il de s'arrêter ? Des analyses précédentes on peut conclure que le chiffre optimum doit osciller autour de 80 pour 100, sans descendre au-dessous de 75 à 70 pour 100.

Il ne faut pas se dissimuler que pareille réforme a bien des chances de ne jamais être réalisée. Elle heurte, en effet, autant le goût public que des intérêts financiers puissants. Ajoutons à cela l'intervention politique venue fausser des discussions purement physiologiques et économiques.

Mais ce que la science seule n'aurait jamais pu faire, les douloureuses circonstances que nous traversons l'ont imposé de façon absolue. Pour remédier à une disette possible, et pour économiser l'or national, les Pouvoirs publics, il y a quelques mois déjà, ont interdit le blutage de la farine au-dessous de 80 pour 100, et récemment un nouveau décret en a élevé le taux à 85 pour 100.

Si ces mesures n'ont été dictées que dans le but de prévenir le gaspillage, elles entraînent avec elles une conséquence physiologique importante. Tout en économisant le blé, elles renforcent considérablement son pouvoir nutritif. De plus, elles aboutiront encore à amener la population à renoncer à ses erreurs et à revenir à l'excellent pain bis de nos pères. Il serait à souhaiter que ces dispositions continuent à produire leurs effets d'une façon indéfinie, au grand bien de la race, fût-ce en gênant quelques intérêts et en provoquant quelques troubles dans des estomacs débiles ou névrosés.

Au surplus, il est facile de constater que de toutes les restrictions alimentaires imposées à l'heure actuelle, c'est celle qui a donné le plus de résultats, tout en soulevant le moins d'objections, nouvelle preuve que le pain à 80 pour 100 constitue un aliment excellent et réparateur.

Il nous reste maintenant à parler de la question des mélanges ou succédanés du pain, question importante, elle aussi, au point de vue social, et ayant déjà suscité des réglementations administratives.

CHAPITRE V

LA QUESTION DES MÉLANGES

Le froment est de beaucoup la céréale la plus employée dans la préparation du pain. Ceci est dû, non seulement à ses qualités alimentaires proprement dites, mais aussi à la présence, en proportions convenables, des composants du gluten, la gluténine et la gliadine. Grâce à eux le gluten présente l'élasticité nécessaire à une bonne panification.

A côté du froment le seigle seul peut, à la rigueur, donner du pain et encore au moyen de tours de main spéciaux. Du reste, il est de moins en moins cultivé et on ne le trouve plus guère que dans les contrées pauvres ou froides, où le froment ne peut ni se développer commodément, ni arriver à maturité.

Si les surfaces ensemencées en seigle ont diminué de 50 pour 100 depuis quarante ans, il en est de même du méteil, formé du mélange, en parties sensiblement égales, de blé et de seigle.

Les autres céréales, quoique riches en principes alimentaires, ne peuvent donner du pain proprement dit. Elles ne sont consommées qu'à l'état naturel ou sous forme de galettes et de bouillies comme la polenta au maïs des paysans lombards. En France,

en particulier, elles sont d'un usage extrêmement restreint.

Cependant, si la farine d'orge, de maïs ou de riz est incapable de se transformer en un véritable pain, ce dernier peut en contenir une certaine quantité, toujours minime, il est vrai.

Aussi n'est-il pas surprenant que, dès que les Pouvoirs publics se rendirent compte de la nécessité d'apporter une économie prudente dans l'exploitation de nos ressources alimentaires, on pensa suppléer à la farine de blé par celle d'autres céréales. Le riz parut spécialement indiqué en raison des facilités considérables que nous procuraient nos colonies de la zone tropicale, l'Indo-Chine en particulier.

C'est à ce moment que Maurel porta la question devant l'Académie de Médecine et, dans une remarquable communication, conclut que l'adjonction à la farine de froment d'une quantité de farine de riz ne dépassant pas 20 pour 100 n'offrait que des avantages à tous les égards.

Tout récemment un décret ministériel a prescrit les mesures préparatoires à l'incorporation dans le pain d'un pourcentage relativement faible d'autres céréales, riz, orge, maïs.

Quelle est la valeur de ces modifications? Importantes, sans doute, au point de vue économique, et encore à la condition d'être généralement respectées, elles paraissent assez vaines au point de vue physiologique.

Déjà, en réponse à la communication de Maurel, Weill et Mouriquand ont attiré l'attention sur le

déficit en substances-ferments que provoquerait l'addition d'une farine de riz débarrassée de ses enveloppes. Leurs expériences, ainsi que celles de Paul Michel, confirment leurs craintes. Il est à remarquer en effet que les substances-ferments semblent dans le froment être moins exclusivement réparties dans la zone subpéricarpale que dans l'orge ou le riz par exemple. C'est du moins la conclusion qui découle de la survie notablement plus longue des pigeons nourris au blé même soigneusement décortiqué.

En somme, l'adjonction au pain de farines très purifiées ne peut qu'aggraver les phénomènes de carence déjà sensibles à un blutage de 70 pour 100. Au contraire, si les autres céréales y sont introduites à l'état brut, nous retombons dans les désordres justement attribués au pain de Graham.

Nous avons entrepris de nourrir quatre groupes de lapins avec le même pain ordinaire employé dans nos expériences VIII et IX, mais après incorporation de *10 pour 100 de riz complet* au premier groupe, *20 pour 100 de riz complet* au deuxième, *10 pour 100 de riz décortiqué* au troisième, *20 pour 100 enfin de riz décortiqué* au quatrième.

Voici, brièvement résumées, les constatations que nous avons eu occasion de faire :

EXPÉRIENCE X

Lapin gris. Poids initial, 2.750 grammes.

Pain mélangé de 10 pour 100 de riz complet, 250 grammes par jour.

Huitième jour. — Appétit bon. Le poids est tombé à 2.530 grammes.

Quatorzième jour. — Appétit très diminué. Poids 2.400 grammes.

Vingt-septième jour. — Un peu de diarrhée. Poids stationnaire à 2.400 grammes.

Trente-sixième jour. — Malgré un appétit assez bon, le poids tombe à 2.030 grammes. Rien d'anormal.

Cinquante et unième jour. — Attitude soudée.

Cinquante-troisième jour. — Amaigrissement rapide. Poids, 1.760 grammes. Poil hérissé. Marche difficile. Etat général mauvais.

Cinquante-quatrième jour. — Mort sans autre phénomène nouveau. Poids, 1.590 grammes.

AUTOPSIE. — Rien à signaler aux différents organes. Grosse congestion des os. Epiphyses très vacuolaires, remplies d'un liquide gélatineux rouge sombre. Moelle diaphysaire congestionnée. Friabilité considérable. Les cartilages costaux sont un peu vascularisés. Rien aux maxillaires.

En résumé la survie a été relativement longue, mais, à l'autopsie, les lésions osseuses du type scorbutique sont très accentuées.

EXPÉRIENCE XI

Lapin. Poids initial, 2.330 grammes.

Pain mélangé de 10 pour 100 de riz complet, 250 grammes par jour.

Septième jour. — Appétit assez bon.

Quinzième jour. — Bon état général. Poids, 2.440 grammes.

Vingt-septième jour. — Appétit nul depuis deux ou trois jours. Amaigrissement rapide (1.880 grammes). Pas de phénomènes anormaux.

Vingt-huitième jour. — Poids, 1.770 grammes. Appétit nul. Rien à signaler.

Vingt-neuvième jour. — Mort. Poids, 1.630 grammes.

AUTOPSIE. — Rien à signaler à l'examen macroscopique des différents organes. Légère congestion du squelette avec un peu de friabilité.

Ici la mort a été plus rapide et le peu de développement des altérations nécropsiques fait penser que l'inanition simple a joué un rôle dans le développement des accidents mortels.

Notre deuxième groupe comprend trois sujets, en raison de l'obitus rapide survenu chez l'un d'eux.

EXPÉRIENCE XII

Lapin. Poids, 3.090 grammes.

Pain mélangé de 20 pour 100 de riz complet 250 grammes par jour.

Quatorzième jour. — Appétit médiocre. Poids stationnaire à 2.800 grammes.

Vingt et unième jour. — Amaigrissement considérable (2.400 grammes). Rien à signaler.

Vingt-neuvième jour. — Appétit meilleur. Poids stationnaire (2.350 grammes).

Trente-troisième jour. — Rien d'anormal.

Quarantième jour. — Appétit meilleur. Poids, 2.100 grammes.

Cinquante-troisième jour. — Amaigrissement brusque (1.800 grammes). Prend l'attitude soudée.

Cinquante-quatrième jour. — L'état s'aggrave rapidement. Poil hérissé. Marche nulle.

Cinquante-cinquième jour. — Mort. Poids, 1.550 grammes.

AUTOPSIE. — Petite hémorragie de la base du poumon gauche. Cœur très mou, friable. Surrénale hypertrophiée. Congestion osseuse, surtout marquée aux membres postérieurs. Etat vacuolaire des épiphyses. Friabilité notable.

En somme, survie relativement longue; la mort est arrivée dans un état d'amaigrissement considérable, et les lésions osseuses, quoique nettes, n'atteignaient pas un degré élevé.

EXPÉRIENCE XIII

Lapin. Poids, 1.820 grammes.

Pain mélangé de 20 pour 100 de riz complet, 250 grammes par jour.

Septième jour. — Amaigrissement rapide. Poids, 1.620 gr. Appétit bon.

Onzième jour. — Malgré un appétit relativement bon, il maigrit rapidement. Marche lente, train de derrière soudé, Pas de diarrhée. Poil non hérissé.

Douzième jour. — Appétit nul. Poil un peu hérissé. Rien à la bouche. Dos légèrement voûté. Train postérieur ramassé et complètement paralysé. Etat grave. Mort dans la soirée. Poids, 1.180 grammes.

AUTOPSIE. — Foie congestionné. Pas d'hémorragie.

Squelette. — Le crâne, le thorax et les membres antérieurs ne présentent rien d'anormal. Aux membres postérieurs, les os sont congestionnés, avec tissu cartilagineux, violacé, noirâtre. Friabilité accentuée. Les épiphyses sont raréfiées, avec de grandes vacuoles rougeâtres. Moelle dia-physaire congestionnée.

En résumé, les accidents scorbutiques ont évolué ici d'une façon suraiguë, tant au point de vue de la durée que de l'intensité des lésions.

EXPÉRIENCE XIV

Lapin. Poids, 2.700 grammes.

Pain mélangé de 20 pour 100 de riz complet, 250 grammes par jour.

Cinquième jour. — Appétit médiocre. Amaigrissement rapide. Poids, 2.330 grammes. Rien à signaler.

Dix-neuvième jour. — Poids stationnaire à 2.350 grammes.

Vingt-huitième jour. — Etat stationnaire. Poids, 2.380 gr. Rien à signaler.

Vingt-neuvième jour. — Amaigrissement brusque. Poids, 2.080 grammes.

Trentième jour. — Appétit nul. Train de derrière un peu soudé. Mauvais état général.

Trente et unième jour. — Mort.

AUTOPSIE. — Cœur mou. Congestion osseuse notable, en particulier au niveau des épiphyses. Friabilité nette.

Cette observation n'appelle pas de réflexion bien particulière. Elle est typique à tous les points de vue et constitue un exemple normal du scorbut expérimental.

Les lapins qui recevaient du pain mélangé de riz décortiqué ont évolué d'une façon beaucoup plus rapide, tout en restant dans le même cadre nosologique.

EXPÉRIENCE XV

Lapin. Poids, 2.810 grammes.

Pain mélangé de 10 pour 100 de riz blanc décortiqué, 250 grammes par jour.

Septième jour. — Appétit assez bon. Amaigrissement rapide. Poids, 2.600 grammes.

Onzième jour. — Amaigrissement de plus en plus prononcé. Poids, 2.260 grammes.

Quatorzième jour. — Poids, 2.140 grammes.

Vingt-neuvième jour. — Poids, 1.770 grammes. Rien d'anormal.

Trente-deuxième jour. — L'animal est trouvé, ce matin, avec le train de derrière complètement paralysé. Le poids

est tombé à 1.550 grammes, bien que l'appétit ait toujours été conservé. Mort.

AUTOPSIE. — Rien à signaler aux différents organes. Squelette congestionné. Friabilité notable. Congestion épiphysaire des membres postérieurs. Les autres ont peu de chose.

EXPÉRIENCE XVI

Lapin. Poids, 1.820 grammes.

Pain mélangé de 10 pour 100 de riz blanc décortiqué, 250 grammes par jour.

Sixième jour. — Appétit médiocre. Poids, 1.640 grammes.

Dix-septième jour. — Aggravation progressive depuis quelques jours. Appétit nul depuis hier. Poids, 1.300 grammes. Ce matin, l'animal a le dos voûté et marche péniblement. Brusquement, en le posant à terre, il présente des crises convulsives, roule sur le sol avec les pattes de derrière en hyperextension. Pas de cri. Poil hérissé. Bouche normale. Mort.

AUTOPSIE. — Hémorragie aux bases pulmonaires. Foie un peu congestionné. Cartilages articulaires normaux. Tissu osseux un peu raréfié. Congestion osseuse. Friabilité notable, plus marquée aux membres postérieurs, surtout aux genoux.

Ce dernier, outre les altérations habituelles du squelette, a présenté des accidents nerveux rappelant un peu ceux des pigeons ou mieux des chats étudiés : Paul Michel.

EXPÉRIENCE XVII

Lapin. Poids, 2.860 grammes.

Pain mélangé de 20 pour 100 de riz blanc décortiqué, 250 grammes par jour.

Septième jour. — Amaigrissement. Appétit assez bon. Poids, 2.750 grammes.

Seizième jour. — Le poids est remonté à 2.820 grammes.

Dix-huitième jour. — Poids, 2.530 grammes.

Vingt-neuvième jour. — Amaigrissement progressif. Poids, 2.360 grammes.

Trente-deuxième jour. — L'animal est mort dans la nuit, sans phénomène particulier. Poids, 1.920 grammes.

AUTOPSIE. — Hémorragies pulmonaires disséminées des deux côtés. Gril costal congestionné. Rien aux maxillaires. Cerveau injecté et congestionné. Le squelette est très vascularisé, surtout aux membres postérieurs. Grosses vacuoles épiphysaires, avec liquide rougeâtre. Friabilité osseuse considérable.

EXPÉRIENCE XVIII

Lapin. Poids, 1.780 grammes.

Pain mélangé de 20 pour 100 de riz blanc décortiqué, 250 grammes par jour.

Sixième jour. — Poids, 1.630 grammes. Appétit assez bon.

Dix-septième jour. — Amaigrissement progressif. Poids, 1.450 grammes. Rien à signaler.

Vingt et unième jour. — Marche un peu lente et dos voûté.

Vingt-deuxième jour. — Paralysie presque complète. Marche nulle. S'effondre sur le ventre et ne peut plus se tenir sur le train de derrière. Mort. Poids, 1.350 grammes.

AUTOPSIE. — Congestion et friabilité de l'intestin grêle, qui présente, par endroits, des plaques ecchymotiques. Taches ecchymotiques à la base des poumons. Un peu d'œdème sous-cutané aux membres inférieurs.

Squelette. — Légère congestion du gril costal. Friabilité osseuse considérable. Moelle diaphysaire rouge et épaissie. Épiphyses congestionnées, vacuolaires. Ces lésions sont très marquées et se rencontrent aux quatre membres.

Ici, une plus forte proportion de riz décortiqué semble avoir produit surtout des lésions scorbutiques

beaucoup plus intenses que dans n'importe quel autre groupe. Non seulement les os sont très friables et très vascularisés, mais les hémorragies ont même envahi les organes viscéraux, poumons et intestins en particulier.

Pour mieux fixer les idées, nous allons, dans les deux tableaux suivants, déterminer, pour chaque groupe, la moyenne de survie et la cote des altérations osseuses, calculées de 0 à 10.

Survie moyenne.

Groupe I	Groupe II	Groupe III	Groupe IV	Groupe V
Pain ordinaire	Riz complet	Riz complet	Riz décortiqué	Riz décortiqué
à 73 pour 100	à 10 pour 100	à 20 pour 100	à 10 pour 100	à 20 pour 100
33 jours	41 jours	33 jours	24 jours	27 jours

La survie, nettement plus longue, obtenue avec une petite quantité de riz complet doit sans doute être attribuée à l'adjonction des substances-ferments, de même que le riz décortiqué, probablement pour le même motif, s'est montré le plus néfaste.

Lésions moyennes.

Groupe I	Groupe II	Groupe III	Groupe IV	Groupe V
Pain ordinaire	Riz complet	Riz complet	Riz décortiqué	Riz décortiqué
à 73 pour 100	à 10 pour 100	à 20 pour 100	à 10 pour 100	à 20 pour 100
3	5	6	5	9,5

Ici, la seule conclusion à tirer est l'intensité des troubles provoqués par une addition de 20 pour 100 de riz décortiqué, contrastant avec les résultats obtenus avec le pain ordinaire.

Au point de vue expérimental, l'incorporation au pain de blé de farines d'autres céréales semble donc

bien ne donner que des résultats illusoires, si même elle n'augmente pas les phénomènes de carence susceptibles de se produire déjà avec un pain exagérément bluté.

En revanche, il est une autre plante, extrêmement répandue, et susceptible de rendre des services bien plus précieux. C'est la pomme de terre, dont la fécule n'a jusqu'à présent été incorporée au pain que par des falsificateurs, contre lesquels les chimistes ont publié maints procédés d'analyse.

Son pouvoir antiscorbutique est considérable, puisque Holst et Fröhlich, dans leurs expériences, ont vu qu'elle suffisait à guérir le cobaye. En outre, sa thermo-labilité est faible, puisqu'il faut une température d'au moins 110 degrés pour lui faire perdre ses propriétés.

La même action curative a été observée par Eijkmann, lors de ses recherches sur la polynévrite expérimentale des poules, et les substances-ferments qu'elle renferme, sont disséminées dans toute l'étendue du tubercule.

Aussi, l'adjonction de fécule à la farine ne peut-elle être qu'approuvée, si les circonstances nous imposent pareille économie.

Signalons, en passant, que c'est peut-être par l'incorporation de la pomme de terre dans leur pain K, que les Allemands ont pu, malgré le déficit alimentaire dans lequel ils se débattent, éviter les accidents scorbutiques qui avaient tristement marqué le siège de Paris en 1870-1871.

Au surplus, la pomme de terre peut, jusqu'à un

certain point, remplacer le pain en nature. Il serait bon d'en préconiser l'emploi à ce point de vue, et nul doute que beaucoup de gens s'habitueraient aisément à la consommer avec les autres aliments après une simple cuisson à l'eau bouillante.

Sans doute la pomme de terre ne fournirait pas assez d'albuminoïdes, mais c'est une source considérable des aliments calorigènes essentiels, les hydrates de carbone. Bien mieux, ces hydrates de carbone sont plus facilement assimilés que ceux tirés des céréales, puisque, depuis Mossé, les diabétiques en usent avec abondance et s'en trouvent le plus souvent très bien.

En résumé, le pain est un aliment excellent, nécessaire même, en raison de sa composition variée et du fait qu'il renferme, les graisses mises à part, tout ce qui est nécessaire à l'organisme. Mais ceci n'est vrai que s'il est donné au complet, albumen et enveloppes. Malheureusement alors il devient très indigeste, et sa cellulose même entraîne un déchet considérable dans l'utilisation des substances nutritives. Aussi, est-il à regretter que, par une habitude invétérée, il soit considéré, d'une façon générale, comme le premier et le plus essentiel de tous les aliments.

Le remettre à sa véritable place et faciliter la consommation en plus grande quantité de la pomme de terre, jointe aux légumineuses si riches en substances albuminoïdes, serait une œuvre excellente, tant au point de vue physiologique qu'en raison des économies considérables qui en résulteraient, surtout maintenant que ces économies deviennent d'une nécessité vitale pour le salut du pays.

CONCLUSIONS

I. — Toutes nos connaissances en chimie alimentaire et en biologie méritent d'être revisées au nouveau point de vue de la carence par la connaissance d'un nouvel élément, les vitamines, dont le rôle très important, en fait d'alimentation, avait été méconnu jusqu'ici.

II. — Ces vitamines, ou substances-ferments, dont l'absence provoque les phénomènes de carence, sont détruites par différents agents physiques ou mécaniques. Parmi ces derniers, le vieillissement, la chaleur, et surtout la décortication des graines exercent une action néfaste sur le pain ou ses constituants.

III. — Dans le grain de blé et des céréales en général, les substances-ferments sont à peu près entièrement localisées dans la zone corticale.

IV. — Un blutage à 70 pour 100 et au-dessous les enlève dans leur presque totalité.

V. — Le pain blanc constitue une erreur physiologique et un gaspillage économique déjà considérable

en temps normal, mais véritablement intolérable dans les circonstances actuelles.

VI. — Le pain complet, c'est-à-dire préparé avec toutes les enveloppes du grain, doit être rejeté actuellement, bien qu'il soit très riche en substances nutritives de toutes sortes. Par contre, il ne se digère pas, à cause de la cellulose qu'il renferme.

VII. — La meilleure solution du problème consiste indéniablement dans l'adoption d'un taux de blutage intermédiaire. Les chiffres de 80 à 85 pour 100, établis à l'heure présente, constituent la solution la meilleure, c'est-à-dire réunissant le maximum d'avantages au minimum d'inconvénients. Il serait à désirer que les dispositions actuelles soient maintenues d'une façon définitive.

VIII. — L'addition de farines d'autres céréales décortiquées ne semble pas devoir amener un progrès bien sensible. Leur blutage excessif ne ferait qu'augmenter les dangers de carence; l'orge, le riz et le maïs abandonnent encore plus facilement leurs substances-ferments que le blé, par la décortication.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
WEILL.

Vu :

LE DOYEN,
L. HUGOUNENQ.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 7 juin 1917.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
P. JOUBIN.

BIBLIOGRAPHIE

- ATWATER et BÉNÉDICT, Expériences ou the metabolism of mater and energy in the human body. Department of Agriculture. Washington, 1902 (*Annual report of the Office of experimental Stations*).
- BALLAND, le Retour au pain de ménage (*Académie des Sciences*, 19 janvier 1914).
Biologica, XIII, n° 39, 15 mars 1914.
- BRADDON, *Prevention of Beri-Beri*, London, 1907.
- EYKMAN, Eine beri-beri ähnliche Krankheit der Hühner (*Arch. Virchows*, CXLVIII, p. 523).
- EYKMAN et VORDERMANN, Essai de lutte contre le beriberi (*Arch. Virchows*, 1897, p. 187).
- FAUVEL, Sur la valeur alimentaire de différents pains (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXL, 1905, p. 1424).
- FLEURENT, *le Pain de froment. Etude critique et recherches sur sa valeur alimentaire selon le blutage et les systèmes de mouture* (Paris, 1911, chez Gauthier-Villars). Et nombreuses références citées dans cet ouvrage.
- FRASER et STANTON, Publications diverses in *The Lancet*, 1910-1911, 1912, 1914.
— *Studies from Institute for medical Research. Federated Malay States*, 1911, n° 12 : The Etiology of beri-beri.
- FUNK, Die Vitamine und die Avitaminosen (*Wiesbaden-Verlag*, von J.-P. Bergmann, 1914).
— Publications diverses in *Journal of Physiology*, XLIII à XLVIII.

- FUNK, *British medical Journal*, 1912, p. 787, et 1913, p. 814.
— *Zeitschrift für physiologische Chemie*, LXXXVIII, 1913, p. 352, et LXXXIX, 1914, p. 373.
- FUNK and COUNT ERWIN VON SCHÖNBORN, The influence of a vitamin-free Diet on the carbohydrate metabolism (*Journal of Physiology*, XLVIII, 1914, p. 328).
- FUNK and DOUGLAS-MACKEZIE, The Relationship of Beri-Beri to glands of internal secretion (*Journal of Physiology*, XLVII, p. 475).
- GIRARD (Aimé), Mémoire sur la composition chimique et la valeur alimentaire des différentes parties du grain de froment (*Annales de Physique et de Chimie*, 6^e série, t. III, 1884, p. 293).
- Sur la valeur alimentaire des pains provenant de farines blutées à des taux différents (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXX, p. 1309 et 1382).
- Recherches sur la composition des blés et sur leur analyse (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXIV, p. 876 et 926).
- GIRARD et FLEURENT, Recherches sur la composition des blés tendres français et étrangers (*Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, n° 6, 1899).
- GOTTSCHALK, la Question du pain blanc (*Gazette des Hôpitaux*, 23 juin 1914, p. 1166).
- GRIJNS, Over polyneuritis galliaorum (*Geneesk Tydschrift voor Nederlansch Indie*, 40, 41 et 49, 1900, 1901, 1909).
- HARRY SNYDER, Etudes sur la digestibilité et la valeur nutritive du pain (*Publication du service de l'Université de Minnesota*, 1900, 1902).
- HILL, Cooking and Vitamines (*Lancet*, 4 avril 1914, p. 1002).
- HINDHÈDE, *Die Umschau*, n° 37, 1913.
- Untersuchungen über die Verdanlichkeit einiger Brotsorten (*Skandinavische Archiv für Physiologie*, 1913, t. XXVIII, p. 165).
- HOLST et FRÖHLICH, Recherches au sujet du bérubéri des marins et des causes du scorbut (*Norsk Mag. for Lögvidenskaben*, juillet, 1907. — Analyse in *Semaine médicale*, 18 septembre 1907, p. 455).
- *Journal of Hygiene*, VII, 1907, p. 619-634.

HOPKINS, Feeding experiments illustrating the importance of accessory factors in normal dietaries (*Journal of Physiology*, XLIV, 1912, p. 425).

J. DE BRÉVANS, *le Pain et la Viande* (J.-B. Baillière et fils, 1892).
Journal Officiel de la République française (passim).

LENGLET, Ce que doit être le pain (*Presse médicale*, 18 février 1914, p. 181).

MAGENDIE (cité par Millon), De la proportion d'eau et de ligneux contenue dans le pain et dans ses principaux produits
(*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1849, XXVIII, p. 37).

MAUREL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1915.

MILLON, voir MAGENDIE.

MONTENUIS, Inconvénients et dangers du pain blanc (*Soc. de thérapeutique*, 8 octobre 1913).

MOURIQUAND, la Diététique sur le front (*Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, septembre 1915).

POGGIALE, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1853, 1856, 1859.

PAUL MICHEL, Thèse de Lyon, 1916.

RATHAY, *Rapport annuel de l'Ecole de Lechsans-Klosterneuburg* (Autriche), 1874.

SUZUKI, SHINIAMURA et ODAKE (*Biochemische Zeitschrift*, 29 juillet 1912, p. 89).

VERNON ANDREWS, le Bériberi infantile (Analyse in *Presse médicale*, 25 décembre 1912, p. 1080).

WEILL et MOURIQUAND, Note pour servir à l'étude des troubles provoqués par une alimentation exclusive (*Soc. médicale des Hôp. de Lyon : Lyon Médical*, 1914, I, p. 440).

— le Bériberi expérimental provoqué par une alimentation exclusive par l'orge décortiquée (*Soc. de Pédiatrie*, juin 1914); *Lyon Médical*, 1914, I, p. 1353.

— les Maladies alimentaires par carence (*Lyon Médical*, 1914, I, p. 1504).

— Recherches sur les maladies par carence. Troubles paralytiques provoqués par une alimentation variée, mais exclusivement à base de céréales décortiquées (*Soc. Médicale des Hôpitaux de Lyon*); *Lyon Médical*, 1914, II, p. 82).

WEILL et MOURIQUAND, Recherches sur les maladies alimentaires par carence (*Soc. Médicale des Hôpitaux de Paris*, 31 juillet 1914).

— Recherches expérimentales sur les dangers d'une alimentation exclusive par les céréales décortiquées (*Paris Médical*, 25 juillet 1914).

— Note sur la question du pain (*Soc. Médico-militaire de la XIV^e Région*, novembre 1915).

— Recherches sur la carence alimentaire. A propos de la question du pain de guerre (*Soc. Médicale des Hôpitaux de Paris*, 3 décembre 1915).

— Béribéri expérimental provoqué par une alimentation exclusive par l'orge décortiquée stérilisée (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 décembre 1915).

— L'alimentation exclusive et la carence alimentaire (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 22 janvier 1916).

— Graines de céréales décortiquées et hypercarencées par la stérilisation (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 mars 1916).

WEILL, MOURIQUAND et Paul MICHEL, Recherches sur la carence alimentaire. Effets comparés de la nourriture exclusive des chats par la viande crue, congelée, salée, cuite et stérilisée (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 mars 1916).

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	9
PREMIÈRE PARTIE. — La Carence alimentaire	13
CHAPITRE PREMIER. — Historique et généralités	13
CHAPITRE II. — Le Scorbut expérimental d'Holst et Fröhlich	20
CHAPITRE III. — Les Substances-Ferments. Leur répar- tition. Leurs altérations	24
DEUXIÈME PARTIE. — La valeur alimentaire du Pain. .	36
CHAPITRE PREMIER. — Le Pain en général	36
CHAPITRE II. — Le Vieillissement du Pain.	41
CHAPITRE III. — La Chaleur et le Pain.	43
CHAPITRE IV. — La Décortication et le Pain	48
CHAPITRE V. — La Question des Mélanges.	65
CONCLUSIONS	77
BIBLIOGRAPHIE	79





